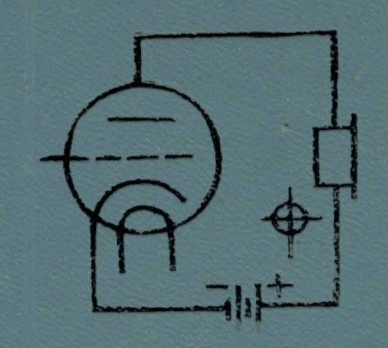
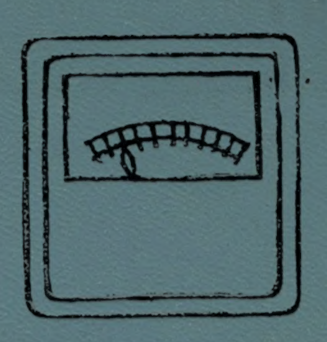
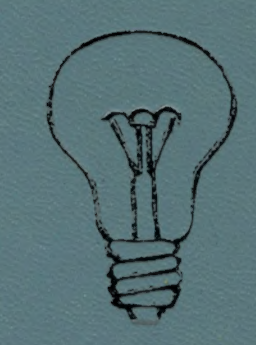
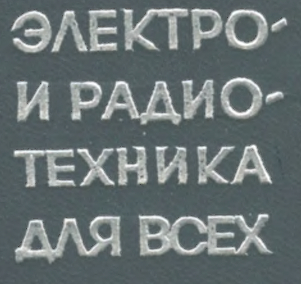
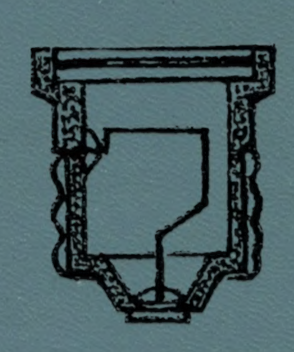
ЭЛЕКТРО-И РАДИОТЕХНИКА ДЛЯ ВСЕХ

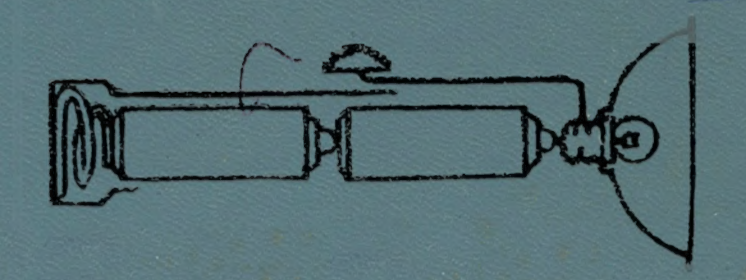














ELECTRICITY AND ELECTRONICS BASIC

WILLIAM F. STEINBERG

WALTER B. FORD

Third edition

AMERICAN TECHNICAL SOCIETY CHICAGO,
U. S. A.

У. Ф. СТЕЙНБЕРГ, У. Б. ФОРД

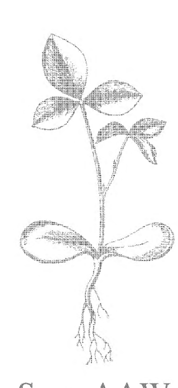
ЭЛЕКТРО- И РАДИОТЕХНИКА ДЛЯ ВСЕХ

Издание второе

Перевод с английского
М. Б. ВЕЛИКОВСКОГО и Э. Я. ПАСТРОНА

Под редакцией А. Х. ЯКОБСОНА

ИЗДАТЕЛЬСТВО «СОВЕТСКОЕ РАДИО»
МОСКВА—1972



УДК 621. 3.01+621.396:001.92

Стейнберг У. Ф., Форд У. Б **Электро- и радиотехника для всех.** Пер. с англ. М. Б. Великовского и Э. Я. Пастрона под ред. А. Х. Якобсона. Изд. 2. «Советское радио», 1972, 416 стр.

Книга американских авторов, трижды переиздававшаяся в США, вводит читателя в мир электро- и радиотехники. В ней приведены не только начальные сведения, необходимые каждому дома и на работе, но и описания многих интересных опытов и полезных самоделок.

В начале книги авторы рассказывают об использовании электро- и радиотехники в различных областях народного хозяйства и в быту и о процессах, требующих знаний в этой области. Далее читатель знакомится с простейшими электрическими схемами, приборами и устройствами, применяемыми в повседневной жизни, а затем с радиотехническими схемами и устройствами.

Постепенно читатель узнает, как выполнить электрическую проводку, установить звонок; для чего существуют предохранители; как осуществлять пайку, как проводить многие интересные опыты и самому делать различные приборы и многое другое.

Читатель узнает также и о принципах работы радиоламп, транзисторов, телевизионных трубок, телевизоров. Познакомится он и с цветным телевидением, радиолокацией и другими применениями радиотехники. Сумеет научиться строить простейшие приборы для проверки работы радиоламп, транзисторные усилители, радиоприемники и т. д.

Книга рассчитана на широкий круг читателей, особенно полезной она будет для школьников 6—8 классов и учащихся профессиональных училищ.

$\frac{3\text{-}4\text{-}5}{58\text{-}71}$

У. Ф. СТЕЙНБЕРГ, У. Б. ФОРД

Электро- и радиотехника для всех

Издание второе

Под редакцией А. Х. Якобсона

Редактор И. М. Волкова
Художественный редактор З. Е. Вендрова
Технический редактор А. А. Белоус
Корректоры Л. И. Кирильченко, Л. А. Максимова

Сдано в набор 15/VII—71 г. Подписано в печать 5/IV—72 г
Формат 84×108/32 Бумага типографская № 3
Объем 21,84 усл. п. л., 22,311 уч.-изд. л.
Тираж 100.000 Цена 1 р. 21 к. Зак. 418
Издательство «Советское радио», Москва, Главпочтамт, п/я 693

Московская типография № 4 Главполиграфпрома Комитета по печати при Совете Министров СССР
Москва, Б. Переяславская ул., д. 46.

ПРЕДИСЛОВИЕ КО ВТОРОМУ ИЗДАНИЮ РУССКОГО ПЕРЕВОДА

В настоящей книге приведены самые начальные сведения по электро- и радиотехнике. Они охватывают многие области этих отраслей техники. Материал изложен кратко, простым языком и сопровождается большим числом практических примеров, фотографий и рисунков. При редактировании перевода в авторский текст были внесены лишь небольшие поправки. Были учтены различия в ряде условных обозначений, принятых в нашей и американской технической литературе.

Несмотря на то, что американские приборы и устройства по внешнему виду и своим основным данным несколько отличаются от соответствующих отечественных, графический материал и тексты практических примеров сохранены в первоначальном виде.

Во втором издании русского перевода исправлены ошибки, допущенные в первом издании. Однако внести поправки в рисунки в соответствии с новой системой обозначений не представлялось возможным. Были учтены многочисленные отзывы и вопросы читателей. В частности, пополнен ряд описаний интересных самоделок.

А. Х. Якобсон

ПРЕДИСЛОВИЕ АВТОРОВ

Об успехе этой книги свидетельствует использование всех трех ее изданий в сотнях американских школ. При подготовке третьего издания был учтен опыт преподавателей, работавших с этой книгой. По их совету в нее были включены материалы о последних достижениях в рассматриваемой области техники. Первоначальный текст книги был исправлен и дополнен с целью отразить изменения в методике преподавания.

Успехи электро- и радиотехники во многом способствовали прогрессу в различных областях науки и техники,

а также помогли внедрению многочисленных изобретений, облегчающих повседневную жизнь людей.

Электрическое освещение, автомобиль, телефон, радио или телевидение сопровождают нас почти на каждом шагу. Поэтому каждый, кто хочет хорошо ориентироваться в мире современной техники, должен быть знаком с основами электро- и радиотехники. Цель данной книги состоит в том, чтобы простым и легким путем привести читателя к пониманию основ электро- и радиотехники. Каждое новое положение иллюстрируется фотографиями и рисунками.

По мере изучения книги читатель познакомится с условными обозначениями, обычно используемыми для изображения электротехнических и радиоэлектронных приборов и устройств на схемах. В конце параграфов даны контрольные вопросы, которые помогут проверить как усвоен прочитанный материал.

В книге дано достаточно подробное описание многих интересных самоделок. При их изготовлении можно применить на практике знания, полученные из книги. Эти самоделки не только интересны сами по себе, но представляют собой полезные вещи. В процессе этой работы читатель получит практические навыки, необходимые в повседневной жизни.

Знания электро-и радиотехники, почерпнутые из этой книги, откроют читателю дорогу ко многим увлечениям, которым посвящают свое свободное время люди самых различных профессий.

ГЛАВА I

ВЕК ЭЛЕКТРОТЕХНИКИ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ

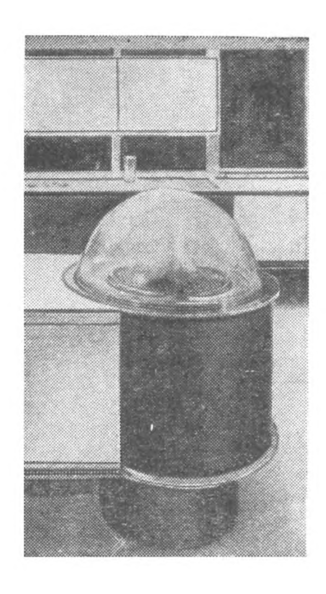
1. ГДЕ ПРИМЕНЯЕТСЯ ЭЛЕКТРОТЕХНИКА

Электротехника и радиоэлектроника. Разделить значения этих двух слов не просто. Когда говорят об электротехнике, то обычно под этим подразумевают область техники, связанную с применением электромагнитов, генераторов, двигателей, электроосветительных и нагревательных приборов. К радиоэлектронике или радиотехнике относят обычно все, касающееся радиотехнических, телевизионных и других устройств, работающих на электронных лампах и транзисторах.

У себя дома. Когда мы зажигаем свет щелчком выключателя, мы не задумываемся над тем, что относится к системе электрического освещения. А ведь в ней много интересных устройств, названия которых для большинства из нас неизвестны. По мере изучения электротехники мы познакомимся со специальными терминами, аппаратами и оборудованием, к которому они относятся, и узнаем, какую роль играет то или иное устройство в системе электрического освещения наших домов.

В системах электрического освещения современного дома широко применяются обычные или люминесцентные лампы. Кварцевые электрические лампы дают излучение, близкое по спектральному составу к солнечному. Оно способно убить вредные микроорганизмы в воздухе комнаты. Электрические лампы инфракрасного излучения обеспечивают нас лучистой тепловой энергией.

Сколько электродвигателей работает в вашем доме? Если вы поторопитесь с ответом, не произведя предварительного подсчета, ваш ответ может оказаться далеко не точным. Электродвигатели работают в стиральных машинах, холодильниках, вентиляторах, электробритвах, магнитофонах, радиолах и различных электроинструментах. Широко используются и электрические нагревательные приборы, например, в кухонных плитах, электрова-





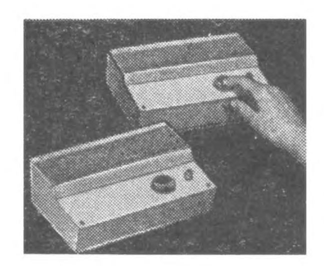


Рис. I.1 Рис. I.2.

Рис. I.1. Электротехника и радиоэлектроника играют важную роль на кухне современного дома. С помощью высокой частоты цыпленок, помещенный в электрическую кухонную плиту, может быть приготовлен за 6—8 минут. Чтобы испечь пирог, нужно всего лишь 3 минуты.

Рис. I.2. Транзисторные переговорные устройства обеспечивают связь в комнатах современного дома. Так как они потребляют мало энергии, их можно на длительное время оставлять включенными.

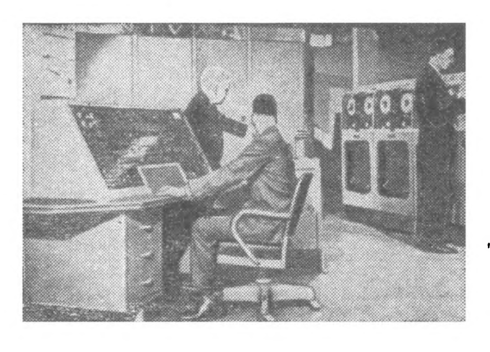


Рис. I.3. Электронная вычислительная машина. В промышленности и торговле используются различные типы вычислительных машин. В торговых предприятиях эти машины применяют для обработки счетов и учета складских запасов. На промышленных предприятиях они позволяют решать сложные задачи, возникающие в исследовательской и производственной работе.

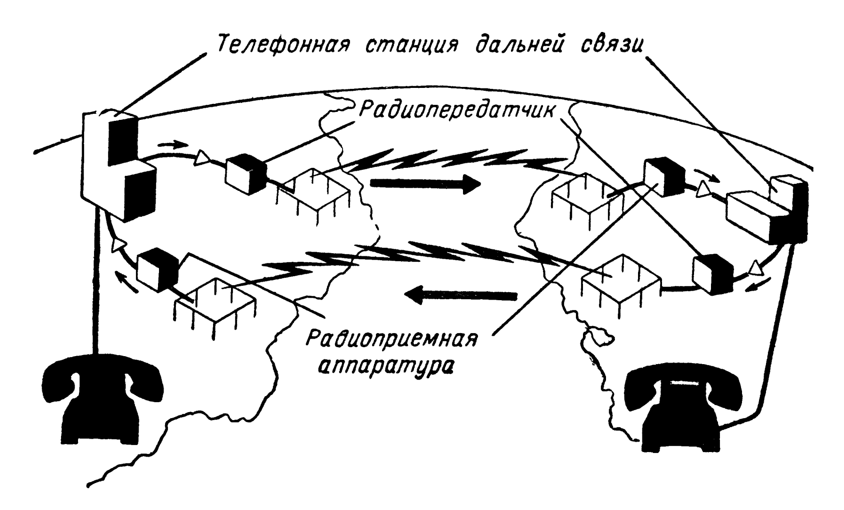


Рис. I.4. Схематическое изображение трансокеанской радиотелефонной линии связи, позволяющей разговаривать с домашнего телефона с абонентами других стран.

фельницах, водонагревателях, кофеварках, утюгах, сушилках для одежды, электроодеялах и т. п.

В сельском хозяйстве. В деревне много трудоемких работ, которые теперь очень быстро выполняются при помощи электротехнических аппаратов: электронасосов, электродоилок и др.

На предприятиях и в учреждениях. Говоря о применениях электротехники в быту, нельзя не вспомнить о ее роли в промышленности. Обычно только одна треть вырабатываемой электрической энергии расходуется в быту. Остальные две трети идут на нужды промышленных и торговых предприятий. Современное производственное предприятие средних размеров расходует свыше 10 000 киловатт-часов электроэнергии в год.

В промышленности черной металлургии электротехнические устройства используются почти при всех технологических процессах, начиная от выемки сырой железной руды и до отправки готовых стальных листов на различные производственные предприятия. Руду добывают электроэкскаваторами, грузят в вагоны или суда электрическими кранами и после разгрузки на сталелитейном заводе по электрическому конвейеру подают в домны, где она превращается в чугун. Прокатные станы, в которых

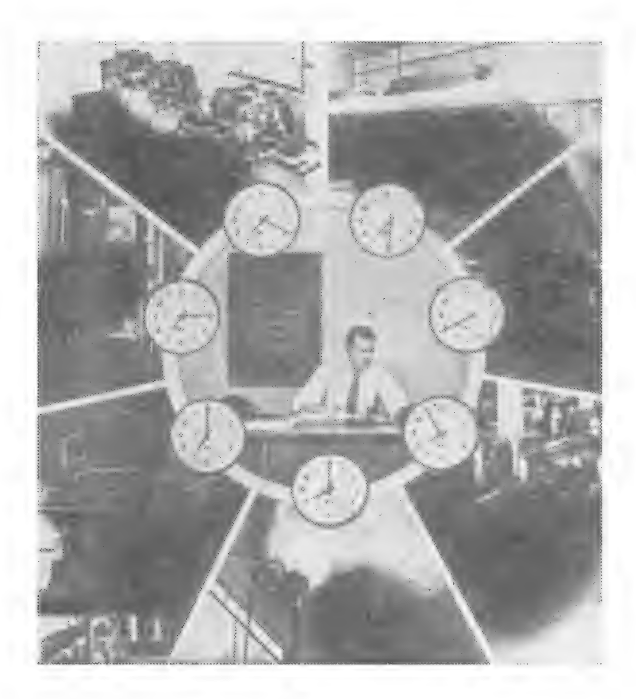


Рис. I.5. Центральная система управления может автоматически осуществлять до сорока различных операций, связанных с включением освещения электродвигателей, нагревательных устройств, систем кондиционирования воздуха и т. п. Такая управляющая система может работать 24 часа в сутки:

7^{00} — включается система подогрева или система кондиционирования воздуха; 7^{15} — включаются печи и гальванические ванны; 7^{20} — включаются электродвигатели компрессоров сети повышенного давления; 7^{30} — включается освещение в коридорах и раздевалках; 7^{40} — включается освещение в цехах; 7^{55} — подается энергия к стенкам; 8^{00} — подается сигнал к началу рабочего дня.

из болванок делают стальные листы, также приводятся в действие электродвигателями. Когда стальной лист попадает на металлообрабатывающие заводы, электрические двигатели приводят в действие станки, на которых изготовляют различные изделия, например шасси радиоприемников и телевизоров и многие другие приборы бытового назначения.

Для техники связи. Первобытный человек посылал сообщения своему соседу дымовыми или звуковыми сигналами. Современному человеку для этого достаточно всего лишь поднять трубку телефонного аппарата и набрать соответствующий номер. Его голос будет передан даже



Рис. I.6. Космический корабль «Сервейер» рассчитан на осуществление мягкой посадки на Луну. В его задачи входит анализ данных о лунной поверхности, измерение уровня радиации и магнитных характеристик, а также передача телевизионных изображений на Землю. Электрическая энергия на этом корабле вырабатывается солнечными батареями.

в самую отдаленную точку страны. Несколько дополнительных усилий — и он сможет говорить с абонентом другой страны или связаться с пассажиром корабля, находящегося в сотнях миль от берега (рис. I.4).

Радиостанции, устанавливаемые на автомобилях или на самолетах, и карманные транзисторные приемопередатчики используются для связи в службах охраны общественного порядка, в авиации, промышленности и военном деле.

Для освещения. Еще совсем недавно человек мог работать и развлекаться лишь в светлое время дня. В наше время многие предприятия работают по 24 часа в сутки. Это стало возможным благодаря хорошему электрическому освещению. В домах для освещения редко используются лампочки мощностью более нескольких сотен ватт, в промышленности мощность осветительных ламп измеряется тысячами ватт.

В городах электричество освещает улицы и площади и приводит в действие множество сигналов системы регулирования уличного движения.

На транспорте. Электрические машины заменяют на транспорте двигатели, работавшие ранее на угле и бен-

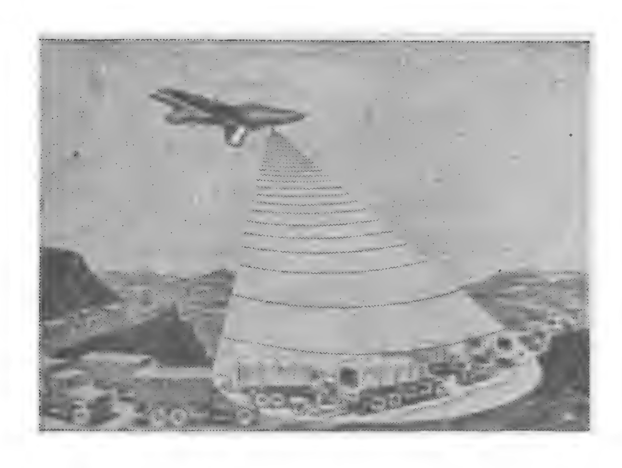


Рис. I.7. Телевизионный передатчик, установленный на борту самолета, позволяет вести на командном пункте наблюдение по экрану телевизора.

зине; электровозы уже вытеснили паровозы, а все троллейбусы и поезда метро приводятся в движение только электрическими двигателями.

В наши дни едва ли найдется вид транспорта, работа которого не зависит от электроэнергии. Она необходима и для реактивного лайнера, и для океанского корабля, и для легкового автомобиля.

Для автоматизации. К слову «автоматизация» в промышленности уже привыкли. Некоторые производственные процессы с начала и до конца выполняются автоматически. Многие процессы, ранее производившиеся вручную, теперь выполняют автоматы, приводимые в действие электрическими двигателями. На многих промышленных предприятиях по утрам до прихода рабочих при помощи автоматических устройств осуществляются необходимые подготовительные мероприятия.

В исследованиях. В современной исследовательской лаборатории невозможно обойтись без электротехнических устройств. Почти все измерительные приборы, использовавшиеся в исследованиях, связанных с применением атомной энергии, были электрическими. Газоразрядные счетчики Гейгера, обнаруживающие присутствие урана, питаются от электрических батарей. Без электричества не могут работать медицинские и промышленные рентгеновские и другие установки.

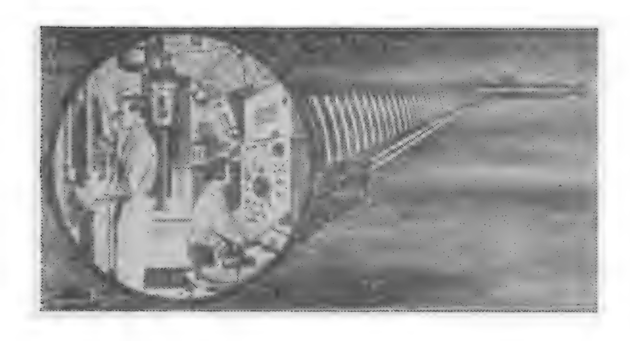


Рис. I.8. Отраженные звуковые сигналы, принимаемые в гидролокационной установке, используются для определения положения подводной лодки или корабля противника. Подводные лодки могут запускать из погруженного состояния ракеты, нацеленные на наземные цели.

После того как космические полеты стали реальностью, ученые подготовили полет людей на Луну, который был неоднократно совершен. Но прежде чем отправить людей в такое путешествие, нужно было собрать много данных о Луне. Для сбора этих данных на Луну отправлялись автоматические станции с приборами. На такой станции для электропитания ее приборов используют солнечную энергию. Преобразование солнечной энергии в электрическую может осуществляться при помощи тонких пластин кремния, применяемых в так называемых солнечных элементах.

В военной технике. В наш век ракет, искусственных спутников и ядерного оружия для военной техники создаются сложнейшие радиоэлектронные приборы и системы. Большое значение для обороны страны имеют сети радиолокационных станций дальнего обнаружения, а также различные системы радиолокации, радиосвязи, гидролокации, телевидения и телефонной связи, позволяющие военному командованию следить за попадающими в зону наблюдения кораблями, ракетами и самолетами. Обслуживание всех этих устройств и систем невозможно без знания основных законов электро- и радиотехники.

Контрольные вопросы

1. Перечислите, какими электрическими устройствами вы пользовались сегодня утром.
2. Назовите электродвигатели, работающие в вашем доме.

3. Какова мощность самой большой осветительной лампы в вашей квартире?

4. Назовите известные вам примеры использования электрических ламп.

2. ЭЛЕКТРО- И РАДИОТЕХНИКА БУДУЩЕГО

В нашем доме. Что можно ожидать от электро- радиотехники в будущем? Ведь в лабораториях и на заводах уже в наши дни могут сделать почти любой прибор, придуманный конструктором. Исследовательские лаборатории непрерывно работают над созданием экономичных осветительных ламп. Уже в недалеком будущем мы будем иметь действительно «холодный» электрический свет. Этот вид освещения уже разработан (рис. I.9).

Электро- и радиотехника в скором времени будут широко применяться на кухнях наших домов. Поскольку большинство операций по приготовлению пищи может быть выполнено электрическими приборами, домашняя хозяйка сможет заранее «запрограммировать» процесс приготовления обеда. Пища будет приготовлена, посуда вымыта, полы подметены и натерты — и для всего этого нужно будет лишь нажать соответствующие кнопки на пульте управления.

Недалеко время, когда мы сможем посмотреть телепередачу с плоского экрана величиной во всю стенку комнаты. Создание таких экранов стало возможным благодаря разработке усилителей света, и, по-видимому, уже осталось немного ждать того момента, когда начнется промышленное производство таких плоских телевизоров. В нашу жизнь войдут видеомагнитофоны, которые позволят нам записывать на магнитную пленку интересные телевизионные программы. Видеомагнитофон сможет записать телевизионную программу, когда нас не будет дома. Воспроизведение записанных на магнитной пленке телевизионных программ мало чем отличается от воспроизведения радиопрограмм при помощи обычного магнитофона.

Видеотелефон, разговаривая по которому можно видеть своего собеседника, разработан (рис. I.11) и уже применяется.

В промышленности. Здесь мы станем свидетелями все более широкой автоматизации производства. Впол-



Рис. I.9. Комната с «холодным» освещением в доме завтрашнего дня. Электролюминесцентные панели, изготовленные из люминофоров и прозрачных электропроводящих материалов, заменят обычные электроосветительные приборы и будут давать мягкое, приятное для глаза освещение.

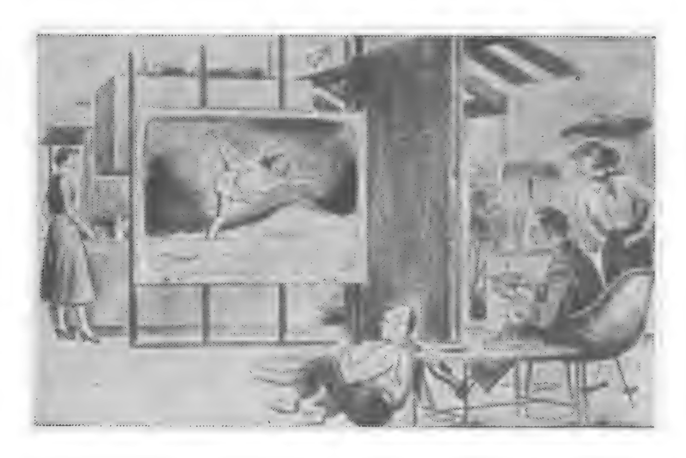


Рис. I.10. Метод непосредственного усиления света может оказаться путем к созданию телевизоров с очень большим экраном. Такие телевизоры возможно будут достаточно тонкими, чтобы их можно было вешать на стены или использовать в качестве перегородок между комнатами.

не возможно, что с помощью управляемых машин и механизмов будут полностью автоматизированы технологические процессы от момента подачи сырья до выпуска готового изделия. Участие человека потребуется при этом только для наблюдения за правильностью режимов работы и проведения обслуживания.



Рис. I.11. Видеотелефон позволяет видеть вашего собеседника, находящегося на другом конце линии.

Многие новые разработки основаны на использовании радиолокации. Одна из них — автоматическое управление движением автомобилей на автострадах. Скоро мы увидим, как по дорогам пойдут автомобили, управление которыми будет полностью (с соблюдением правил безопасности) доверено радиолокатору. Результаты аналогичных разработок будут пригодны для управления движением самолетов. Без помощи человека радиолокаторы будут управлять полетом самолета с момента взлета и до посадки в аэропорту назначения.



Рис. I.12. Через электрические лампочки проходит ток, полученный в результате непосредственного преобразования тепловой энергии в электрическую.

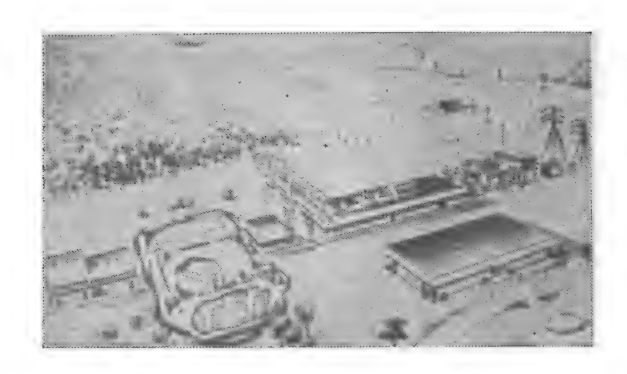


Рис. I.13. Значительное количество электроэнергии будет производиться на атомных электростанциях.

В энергетике все большее значение будут приобретать атомные электростанции.

В медицине. Утверждают, что еще древние римляне использовали электрических угрей для лечения болезней зубов.

В наше время применение электро- и радиотехники в медицинских исследованиях и при лечении болезней дает значительный вклад в улучшение медицинского обслуживания. Одним из намечаемых усовершенствований современных рентгенодиагностических аппаратов будет цветная рентгеноскопия, которая облегчит диагностику многих заболеваний. Сейчас проектируется и вскоре начнется производство электронных приборов, которые будут измерять и записывать давление крови, пульс, температуру и другие показатели состояния больного. Уже разработана «радиопилюля», которая содержит миниатюрную электронную схему и может передавать информацию о состоянии внутренних органов больного.

В предстоящих космических полетах космонавтам придется длительное время оставаться в стесненном положении. Для проверки состояния космонавтов можно использовать электроды, присоединенные к мышцам тела и связанные с соответствующими электронными приборами. Разработка лазера — прибора, создающего интенсивный пучок когерентного света и представляющего значительный интерес для промышленности,—открывает путь к новым методам хирургии. Этот прибор уже используется в тонких глазных операциях и, как ожи-

дается, будет иметь большое значение в лечении опухолей и других болезней.

Контрольные вопросы

1. Какой, по вашему мнению, электрический прибор надо было бы разработать для применения в домашнем хозяйстве?
2. Какие новые устройства смогут прийти на смену современным телевизионным трубкам?
3. Какой электронный прибор может быть использован для повышения безопасности движения на автострадах?

3. КЕМ МОЖНО РАБОТАТЬ В ОБЛАСТИ ЭЛЕКТРО- И РАДИОТЕХНИКИ

Электро- и радиотехника как «профессия». Вероятно, нигде сейчас так не требуются специалисты, как в области применения электро- и радиотехники. Почти каждый день создаются новые электронные приборы, и каждый из них открывает новое поле деятельности. Колоссальное увеличение числа таких приборов означает рост потребностей в специалистах по их конструированию, установке и ремонту.

Все основные работы по электро- и радиотехнике можно разделить на ряд групп, каждой из которых соответствуют своя специализация и уровень подготовки: монтаж приборов и аппаратуры, сооружение сетей и систем, эксплуатация и ремонт, связь. Большое значение при выполнении этих работ имеет труд инженера и техника.

Монтаж приборов и аппаратуры. Монтажники есть на любом предприятии, изготавливающем электротехническую или электронную аппаратуру или детали для нее. На радиозаводе монтажник занимается сборкой радиосхемы на шасси; на заводе, выпускающем электродетали, он наматывает обмотки; на авиационном заводе он занимается монтажом электро- и радиопроводки в самолетах. Для выполнения каждой из этих операций требуется подготовка. Относительно более сложную работу выполняют радиомонтажники при сборке деталей печатных схем, например, телевизоров.

В большинстве случаев монтажник должен обладать ловкими пальцами, способностью точно выполнять инструкции, умением пользоваться ручными инструментами

и понимать чертежи, необходимые при выполнении данной операции. Многим монтажникам необходимо также уметь пользоваться определенными контрольно-измерительными приборами, позволяющими проверить качество изготовления готового изделия.

Сооружение сетей и систем. Электрики-строители выполняют электротехнические работы при строительстве самых различных зданий. Они устанавливают электроарматуру и нагревательные приборы, монтируют электропроводку и другие виды электрооборудования. Для выполнения этих работ важно уметь читать чертежи и пользоваться различными инструментами.

Аналогичной работой занимаются электрики по монтажу электропроводки и электрооборудования на судах, телефонисты, прокладывающие телефонные линии для жилых домов и предприятий, а также электрики сцены, обслуживающие электропроводку и систему освещения в театрах, в павильонах киностудий и т. п.

Все производимые работы должны полностью соответствовать определенным правилам и нормам. Каждому электромонтеру важно уметь читать электрические схемы и пользоваться расчетными формулами.

Одним из лучших путей освоения профессии электромонтера является специальный курс обучения, который состоит из выполнения ряда работ по определенной программе под наблюдением достаточно опытного руководителя и при соответствующем инструктаже. Для прохождения курсов обучения желательно иметь среднее образование.

Эксплуатация и ремонт. Эксплуатацией и ремонтом оборудования, выпускаемого электротехнической и радиоэлектронной промышленностью, занято относительно большее число людей, чем в любой другой отрасли. Электромонтеры, занимающиеся эксплуатацией, отвечают за поддержание в хорошем состоянии всего колоссального парка систем и устройств электрооборудования жилых домов, учреждений и предприятий. В этой области техники трудятся опытные рабочие, обеспечивающие необходимый контроль, обслуживание и ремонт электропроводок, электродвигателей, генераторов, трансформаторов и многих других видов электрооборудования. Большой объем работы приходится на долю мастеров, обслуживающих бытовые электромашины. Каждый вид работ по обслуживанию электроприборов требует наличия специ-



Рис. I.14. Много опытных специалистов по электротехнике и электронике работают на телецентре.

альной подготовки, опыта обращения с инструментами и знаний основ электротехники.

Всем известна обширная область ремонтных работ по обслуживанию радиоприемников и телевизоров. В данном случае необходима специальная подготовка. Ремонт вышедших из строя слуховых аппаратов, вычислительных машин, радиопередатчиков, контрольно-измерительных приборов и стереофонических усилителей приходится вести под наблюдением опытных специалистов. Они должны обладать хорошими теоретическими знаниями и уметь обращаться с различными контрольно-измерительными приборами.

Подготовка специалистов по обслуживанию и ремонту электрического и электронного оборудования может производиться в специальных технических школах и иногда на курсах при предприятиях.

Связь. По-видимому, наиболее известным применением радиотехники является техника связи, которая охватывает радио, телевидение, радиорелейные линии, телефонную и фототелеграфную связь. Связь с помощью радиоэлектронной аппаратуры играет важную роль для обеспечения безопасности в авиации, в службах охраны и других специальных службах. В каждой области связи

имеется много специальностей связанных с применением радиоэлектроники. Так, например, на телецентре имеются операторы по обслуживанию и ремонту передатчика; для управления сигналами звука и изображения; операторы, работающие с передающей камерой, а также на проекторе для показа кинофильмов, и операторы, занятые регулированием освещения. Все они должны обладать большим опытом и. координированно действовать при передаче телевизионной программы.

Работа радиооператора часто бывает такой же, как работа техника. Во многих случаях оператор, работающий на конкретном виде радиооборудования, одновременно является техником по конструированию и ремонту данного оборудования. Расширение областей применения различных средств связи привело к росту потребностей в соответствующих специалистах. Каждому такому специалисту необходимо знание математики, физики и электроники в объеме программы средней школы. Ценный опыт можно приобрести и при занятиях радиолюбительством.

Работа техника. Техник выполняет работу, для которой нужна техническая и специальная подготовка, и является непосредственным помощником инженера или научного работника в их деятельности. Он участвует в исследованиях, проектировании и разработке электрических и электронных схем. Испытания и усовершенствования экспериментальных электронных приборов часто также проводятся техниками.

Кроме работы на всех видах связного оборудования техник может специализироваться, например, в таких областях, как измерительная техника, контрольные, индикаторные и регистрирующие приборы, навигационное оборудование, управление ракетами и космическими кораблями, электронные вычислительные машины и многие другие типы оборудования со схемами на электронных лампах и полупроводниковых приборах.

Техники могут занимать самые различные должности, например: техник по электронным вычислительным машинам, техник по электронным схемам, техник по электронным измерительным приборам, техник-исследователь и техник-испытатель систем.

В промышленности техники занимаются проведением испытаний, непосредственной сборкой и монтажом установок, экспериментальной работой и эксплуатацией элек-



Рис. I.15. Два инженера, находящиеся за защитной решеткой, наблюдают за искусственной молнией, создаваемой напряжением 10 миллионов вольт.

трического и электронного оборудования. Так, например, техник, работающий над новой печатной схемой, должен сначала провести ряд экспериментов с расположением деталей и соединительных проводов и добиться нужных характеристик. Он намечает методику испытаний изделия с помощью контрольно-измерительных приборов и меняет расположение деталей так, чтобы прибор работал как полагается. Чтобы справиться со всем этим, ему нужно знать теоретические основы электроники и уметь производить математические расчеты и испытания схем.

Техники обычно имеют более высокую подготовку, чем дает средняя школа. Обучение их производится в техникумах, профессиональных училищах, специальных курсах на предприятиях и т. п. Основными изучаемыми предметами являются основы электротехники и электроники, математика, физика и черчение.

Работа инженеров. Инженер отвечает за проведение исследований, проектирования и эксперимента, а также за воплощение новых идей в создаваемых им электрических и электронных устройствах. Электротехника и радиоэлектроника относятся к наиболее быстроразвивающимся отраслям техники, и поэтому успехи промышленности и расширение областей применения электроники сопровождаются постоянным увеличением спроса на инженеров-электриков.

Основными сферами деятельности для инженера в этих областях техники являются производство электри-

ческих и электронных машин и оборудования, телефонная и телеграфная связь, энергосистемы, системы освещения, транспорт и радиосвязь. Много инженеров-электриков требуется для работы в таких областях, как атомная техника, системы управления ракетами, следящие системы, вычислительная техника и автоматизация.

Профессия инженера-электрика требует большой аккуратности и точности, ему необходимо научиться работать как в одиночку, так и в составе группы. Значительная часть его рабочего времени расходуется на разработку новых идей, схем, проведение математических расчетов, написание отчетов и составление технических условий. Чтобы стать хорошим инженером, надо обладать способностями значительно выше среднего уровня и добиться успехов при изучении математики и других наук.

В рассматриваемой области имеется много узких специальностей, которые могут быть привлекательными для людей с особыми интересами. Так, например, инженер-светотехник, обладающий хорошим художественным вкусом, может найти свое призвание в кинопромышленности или в театре, а для инженера-электрика с хорошим музыкальным слухом наилучшей может оказаться работа, связанная с получением высококачественной записи и воспроизведения музыкальных программ.

Тем, кто хочет стать инженером, нужно еще в средней школе заложить хороший фундамент знаний по математике и естественным наукам. Большинство инженеров-электриков имеет законченное высшее образование. Для инженеров, обладающих способностями, в области техники открываются неограниченные возможности.

Контрольные вопросы

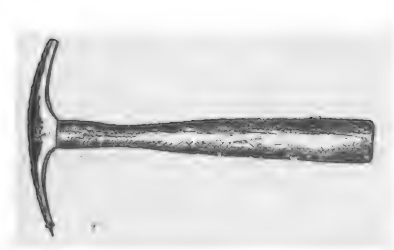
1. Какую область радиотехники вы хотели бы избрать своей специальностью?
2. Почему работа в области электро- и радиотехники имеет большие перспективы?
3. Перечислите виды работ, которые должен уметь делать электрик
4. Назовите известные вам инженерные работы по электро- и радиотехнике.

ГЛАВА II

ПРИМЕНЕНИЕ МАГНЕТИЗМА

4. ПОСТОЯННЫЕ МАГНИТЫ

Применение постоянных магнитов. Почти каждый из нас пользовался магнитом для того, чтобы собрать кусочки железа, или наблюдал, как небольшой магнит может притягиваться к поверхности металла. Это простое свойство притяжения магнитов к некоторым металлам используется для ряда практических целей в нашей жизни. Специальный молоток (рис. II.1) удерживает гвозди с широкой шляпкой, благодаря чему их не нужно держать пальцами. Магнитные держатели можно использовать для хранения ножей; с помощью небольших магнитов можно сделать миниатюрный блокнот, прикрепляемый к двери кабинета (рис. II.2). Наконец, магнитные держатели хорошо удерживают двери комнат в закрытом состоянии. Используются магниты также и в детских играх.



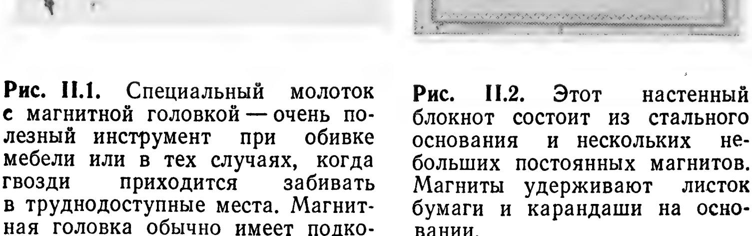


Рис. II.1. Специальный молоток с магнитной головкой — очень полезный инструмент при обивке мебели или в тех случаях, когда гвозди приходится забивать в труднодоступные места. Магнитная головка обычно имеет подковообразную форму.

Рис. II.2. Этот настенный блокнот состоит из стального основания и нескольких небольших постоянных магнитов. Магниты удерживают листок бумаги и карандаши на основании.



Рис. II.3. При изучении правил уличного движения удобно пользоваться большой металлической доской и миниатюрными пластмассовыми автомобилями, в которых помещены магнитики, удерживающие их в различных положениях на доске.

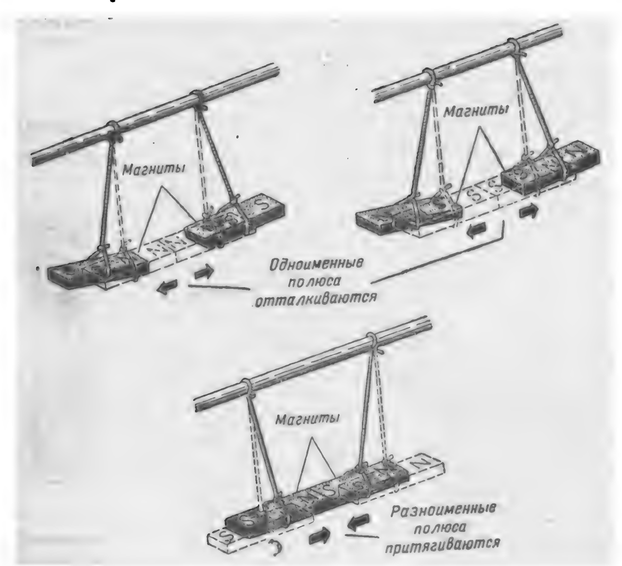


Рис. II.4. При сближении северных полюсов магнитов между ними возникает сила отталкивания. То же самое происходит, если сближать южные полюса магнитов. Если же сближать разноименные полюса двух полосовых магнитов, то они притянутся друг к другу.

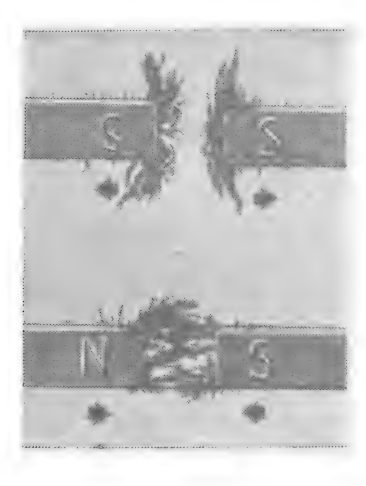




Рис. II.6.

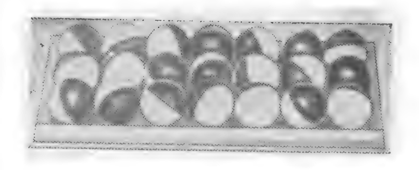


Рис. II.5.

Рис. II.7.

Рис. II.5. Магниты (вверху) расположены одноименными полюсами друг к другу. Если воспользоваться стальными опилками, то полученная картина покажет, что одноименные полюса отталкиваются. Близко расположенные разноименные полюса магнитов (внизу) сильно притягиваются друг к другу.

Рис. II.6. Металлические шарики изображают молекулы в куске стали. В намагниченной стали все молекулы расположены упорядоченно, т. е. все одноименные полюса направлены в одну сторону.

Рис. II.7. Каждый шарик, изображающий молекулу, окрашен в два цвета, с тем чтобы показать северный и южный полюсы. В ненамагниченной стали молекулы расположены неупорядоченно.

Несмотря на широкое применение магнитов, многие, возможно, не знают, как намагничиваются материалы. На рис. II.1 — II.3 показаны примеры использования постоянных магнитов. Эти магниты — искусственные, поскольку в естественном состоянии они не были намагничены. Чтобы

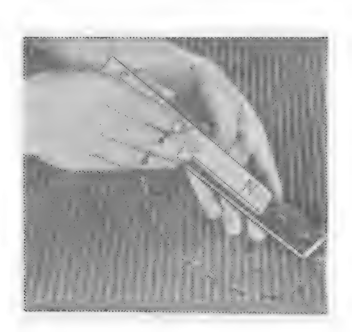


Рис. II.8. Полоска стали намагничивается, если провести по ней несколько раз одним из полюсов постоянного магнита.

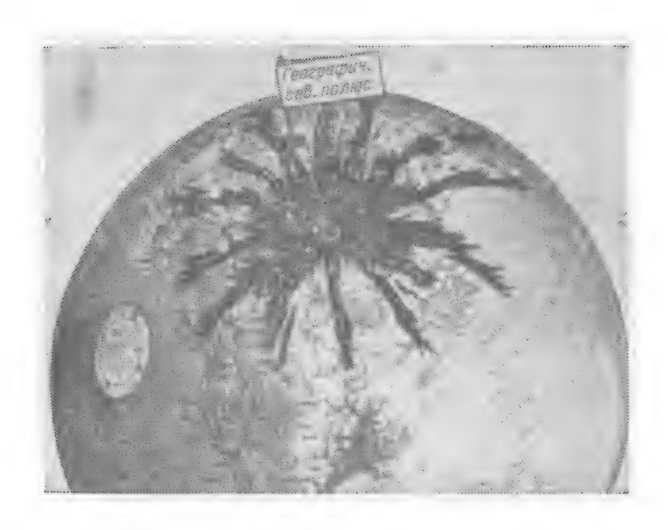


Рис. II.9. Стальные опилки на глобусе иллюстрируют магнитное поле Земли. Географический и магнитный полюсы Земли не совпадают. Расстояние между ними составляет около 2 200 *км*. Компас показывает направление на магнитный полюс. Различие в положении полюсов обязывает штурманов учитывать эту разницу при прокладке курса.

сделать магнит, нужно иметь соответствующий материал и подвергнуть его специальной обработке.

Взаимодействие магнитов. Если приближать друг к другу концы двух магнитов, то они будут либо притягиваться, либо отталкиваться. На рис. II.4 и II.5 показано, что одинаково обозначенные концы магнитов отталкиваются, а разноименные — притягиваются друг к другу. Концы магнитов обычно называют полюсами и обозначают буквами N (северный полюс) и S (южный полюс). Таким образом, одноименные полюса магнитов отталкиваются, а разноименные — притягиваются друг к другу.

Структура магнитов. Не каждый кусок стали является магнитом. Два стержня могут иметь совершенно одинаковый вид, однако один из них может притягивать другие стальные или железные детали, а другой может не иметь этого свойства. Предмет, притягивающий другие железные или стальные предметы, называют магнитом.

В чем различие между намагниченной и ненамагниченной сталью? Как и все другие материалы, сталь состоит из мельчайших частиц, называемых молекулами. Считают, что каждая молекула имеет северный и южный

полюсы и представляет собой миниатюрный магнит. В намагниченном куске мягкой стали эти миниатюрные магнитики располагаются в строго определенном порядке. На рис. II.6 показано такое упорядоченное расположение молекул. Все северные полюсы ориентированы в одном направлении, а все южные — соответственно в противоположном направлении.

В ненамагниченной стали молекулы ориентированы самым различным образом (рис. II.7). При таком хаотическом расположении миниатюрные магниты нейтрализуют друг друга, и поэтому такая сталь не является магнитом.

Магнитная индукция. Ненамагниченную полоску стали можно намагнитить, проводя по ней магнитом (рис. II.8). Магнит заставит миниатюрные магнитики в полоске стали ориентироваться так, чтобы все одноименные полюсы были направлены в одну сторону. Если затем убрать магнит, то направление миниатюрных магнитов в полоске не изменится. Таким образом, она сама станет магнитом. Явление, при котором это происходит, называется магнитной индукцией.

Магнитный компас. Если подвесить намагниченный стальной стержень так, чтобы он мог поворачиваться, то одним своим полюсом он укажет на север, а другим —

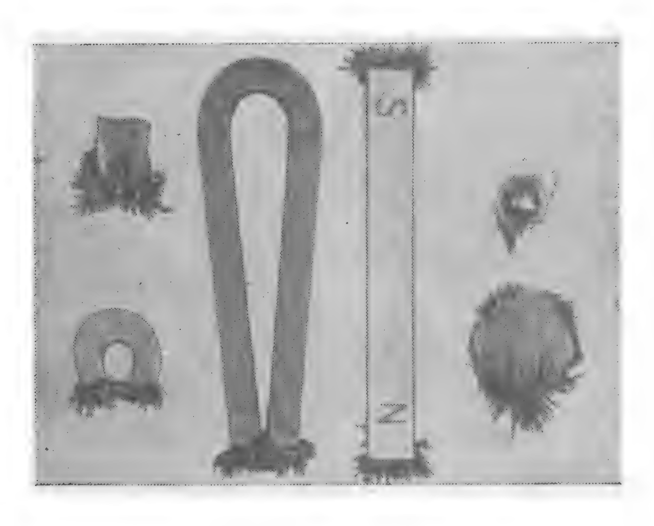


Рис. II.10. Образцы выпускаемых магнитов. Каждый магнит, независимо от его формы, имеет северный и южный полюс.

на юг. Это объясняется тем, что Земля представляет собой огромный магнит, северный и южный полюсы которого притягивают соответствующие полюсы стержня. В компасе имеется очень легкий тонкий магнитик, свободно вращающийся на короткой заостренной оси. Конец стрелки компаса, указывающий на север, обычно называют северным.

Магнитный компас оказывает большую помощь в навигации: корабли в море приходят в свой порт назначения, путешественники ориентируются на своих маршрутах, а самолеты выдерживают заданную трассу полета.

В первых компасах, изготовленных людьми много столетий назад, стрелки делали из магнитного железняка, поскольку эта железная руда обладала естественной намагниченностью.

Северный полюс Земли не все время остается в одном и том же положении; из года в год он несколько смещается. Как видно из рис. II.9, он расположен в области Гудзонова залива. Изменения положения полюсов очень малы и в большинстве практических случаев считают, что магнитный северный полюс расположен приблизительно на 12° западнее географического северного полюса, если компас находится в Нью-Йорке, и приблизительно на 18° восточнее, если компас находится в Сан-Франциско. В узкой полосе на территории Соединенных Штатов от Мичигана до Джорджии компас все время показывает истинный север и юг, поскольку направление на магнитный полюс совпадает с направлением на географический полюс.

Различие между направлением на северный полюс (географическим меридианом) и направлением магнитной стрелки в любой точке Земли называется магнитным склонением.

Постоянный магнит может размагнититься вследствие сильных ударов или нагрева. Эти факторы заставляют молекулы изменить свою ориентацию, и намагниченность стали исчезает.

Металлы для изготовления магнитов. Постоянные магниты могут иметь различные формы и размеры (рис. II.10). Наиболее распространенными являются подковообразный и полосовой магниты. Эти магниты делают из закаленной стали, сохраняющей намагниченность длительное время. Мягкую сталь легко намагнитить, однако она не сохраняет свою намагниченность.

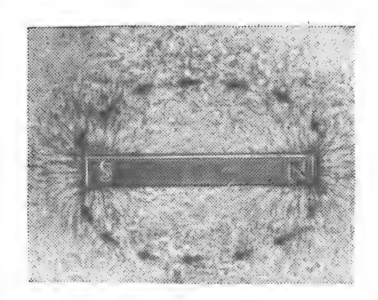


Рис. II.11. Стальные опилки располагаются вдоль силовых линий, «связывающих» между собой полюсы магнита.

Считают, что мягкая сталь легко теряет свою намагниченность потому, что молекулы стали могут свободно менять свою ориентацию. В твердой стали молекулы обладают меньшей свободой изменения ориентации.

Очень сильные постоянные магниты делают из сплавов, в которых к железу добавляются такие металлы, как вольфрам, хром, кобальт или никель. Недавние достижения в использовании сплавов железа позволили сделать значительно более сильные магниты, чем магниты из твердых сталей. Одним из лучших магнитных сплавов является алнико — сплав, содержащий алюминий, никель и кобальт. Кроме упоминавшихся уже применений, постоянные магниты используются в громкоговорителях, электроизмерительных приборах, телефонных трубках, генераторах и электродвигателях. С этими применениями магнитов мы познакомимся в последующих главах.

Магнитые материалы. Металлы, которые притягиваются магнитом, называются магнитными материалами. К ним относятся железо, сталь, кобальт и никель. Другие металлы, в том числе чистый алюминий, медь, цинк и свинец, не притягиваются магнитом и называются немагнитными. Неметаллические материалы, такие, как дерево, ткани и т. д., не обладают магнитными свойствами.

Магнитное поле. Действие магнита распространяется через немагнитные материалы. Если насыпать стальные опилки на лист бумаги или стекла, расположенный над магнитом, то, несмотря на то, что между опилками и магнитом имеется лист бумаги или стекла, опилки намагнитятся и притянутся к магниту. На рис. II.11 показано, что опилки образуют определенную картину, соответствующую невидимому магнитному полю постоянного

магнита. Такое магнитное поле всегда существует вокруг любого магнита.

Более сильное магнитное поле можно создать, если сблизить разноименные полюсы двух магнитов. Чем ближе друг к другу эти полюсы, тем короче магнитные силовые линии. Каждый из полюсов сильнее притягивает другой, сильнее также втягиваются между ними другие магнитные материалы. Магнитное поле магнита, изогнутого в форме подковы, сильнее, чем у соответствующего полосового магнита.

ИНТЕРЕСНЫЕ ОПЫТЫ И САМОДЕЛКИ

1. Демонстрация магнитного поля одиночного магнита

А. Поместите полосовой магнит на поверхность деревянного стола и накройте его листом бумаги. Насыпьте на бумагу немного железных опилок и слегка постучите по ней до образования картины распределения поля. Обратите внимание, что линии расположения опилок идут от одного полюса к другому. Заметьте также, что наиболее сильное поле сосредоточено у полюсов.

Б. Посыпьте железными опилками лист бумаги, покрывающий подковообразный магнит. Вы увидите, что магнитное поле концентрируется между полюсами. Подумайте, почему подковообразный магнит создает более сильное магнитное поле, чем полосовой магнит.

2. Демонстрация магнитного поля двух магнитов

А. Положите два полосовых магнита на стол (вдоль одной прямой) так, чтобы между их северными полюсами было приблизительно 25 *мм*. Накройте магниты листом бумаги и посыпьте его железными опилками так же, как это требуется в п. 1, А. Понаблюдайте картину магнитного поля. Что характерно для такого магнитного поля?

Б. Положите два полосовых магнита вдоль одной линии так, чтобы северный полюс одного находился на расстоянии 25 *мм* от южного полюса другого. Накройте магниты листом бумаги и посыпьте его железными опилками. Понаблюдайте картину распределения магнитного

поля. Чем отличается она от картины, полученной в опыте 2, А?

3. Намагничивание постоянного магнита

А. Зажмите в тиски старое полотно для ножовки и плоскогубцами отломите кусок длиной около 50 *мм*. Чтобы полотно не ломалось в нескольких местах, оно должно выступать из тисков не более чем на 65 *мм*. Проведите постоянным магнитом по стальной полосе несколько раз. Попробуйте притянуть намагниченным куском полотна несколько небольших гвоздей. Благодаря чему полотно стало постоянным магнитом?

Б. Возьмите два сверла диаметром 6 *мм* со спиральными канавками и намагнитьте их с помощью сильного магнита. Намагничивайте каждое сверло одним и тем же полюсом магнита, держа оба сверла одинаково. Положите оба сверла параллельно друг другу на плоскую поверхность на расстоянии 3 *мм* друг от друга заточенными концами в одну сторону. Понаблюдайте, что происходит со сверлами. Почему сверла отталкивают друг друга? Поверните одно сверло на 180°. Что происходит при этом и почему?

4. Изготовление компаса

Возьмите кусок стальной пружины шириной около 5 *мм* и длиной 25 *мм* (хорошо использовать старую пружину от часов). С одного конца заточите пружину в виде стрелки. В центре пружины пробейте отверстие так, чтобы пружина могла находиться в равновесии на острие. Сбалансировать стрелку компаса легче, если она изогнута в средней части, как показано на рис. II. 12. Ось компаса можно сделать из штифтика, заостренного с обоих концов. Воткните этот штифт одним концом в деревянную подставку высо-

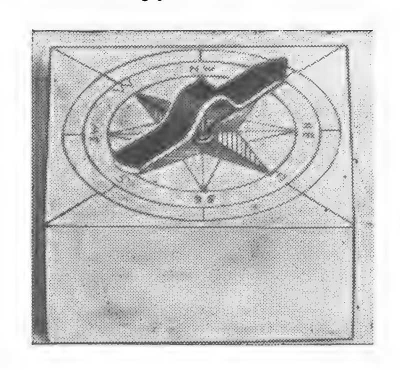


Рис. II.12. Компас, сделанный из куска часовой пружины.

той около 20 *мм* с квадратным основанием 40×40 *мм*. Чтобы штифт можно было воткнуть рукой, сделайте в деревянной подставке отверстие с помощью гвоздя. Шкалу компаса можно нарисовать на листке бумаги и приклеить к подставке. Намагнитьте стальную пружину, поместите ее на заостренный штифт. Если равновесие не достигнуто, подточите более тяжелый конец стрелки, пока она уравновесится. Сравните направление, которое показывает стрелка вашего компаса, с показаниями любого другого компаса. Почему компас показывает направление на северный магнитный полюс?

Контрольные вопросы

1. Приведите примеры использования постоянных магнитов в вашем доме.
2. Почему изготовленные постоянные магниты называют искусственными?
3. Как называются полюсы магнита?
4. Какие изменения происходят в куске стали при намагничивании?
5. Что означает термин «магнитная индукция»?
6. Как мы называем конец стрелки, показывающий на Север?
7. В чем различие между географическим и магнитным северным полюсом?
8. Объясните, почему компас необходим для навигации?
9. Определите приблизительное магнитное склонение для места, где вы живете.
10. Почему стрелка компаса в некоторых местах Земли указывает истинное направление на север и юг?
11. Почему твердая сталь сохраняет свою намагиченность?
12. Какие материалы используются для изготовления сильных постоянных магнитов?
13. Перечислите некоторые немагнитные материалы.
14. Что означает термин «магнитное поле»?.
15. Какой материал использовали для компаса в древности?

5. ЭЛЕКТРОМАГНИТЫ

Как делают постоянные магниты. Мы уже знаем, что намагничивая стержень из твердой стали магнитом, можно сделать другой постоянный магнит. Можно намагнитить стержень и другим способом. Для этого на него следует намотать изолированный провод и концы обмотки подключить к источнику тока, например к батарее. Таким образом получится электромагнит. Если затем отключить батарею и вытащить стержень (сердечник) из обмотки (катушки), то он окажется намагниченным.

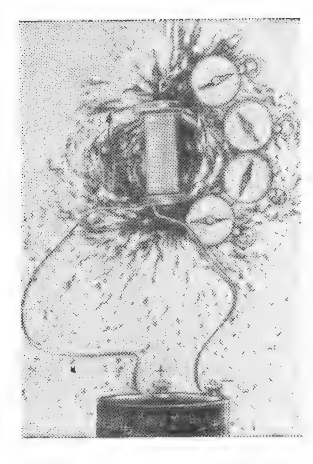


Рис. II.13. Каждый компас, внесенный в магнитное поле катушки с током, указывает направление магнитного поля. Из рассмотрения рисунка следует, что один конец катушки притягивает южный полюс компаса. Отсюда можно сделать вывод, что катушка имеет северный и южный полюсы аналогично полосовому магниту.

Чем объяснить, что катушка с проводом намагничивает стальной сердечник? Подсоединим катушку к батарее снова, а сердечник удалим. Если воспользоваться железными опилками, то полученная картина магнитного поля будет такой же, как и в случае полосового магнита. Направление магнитного поля можно опре-

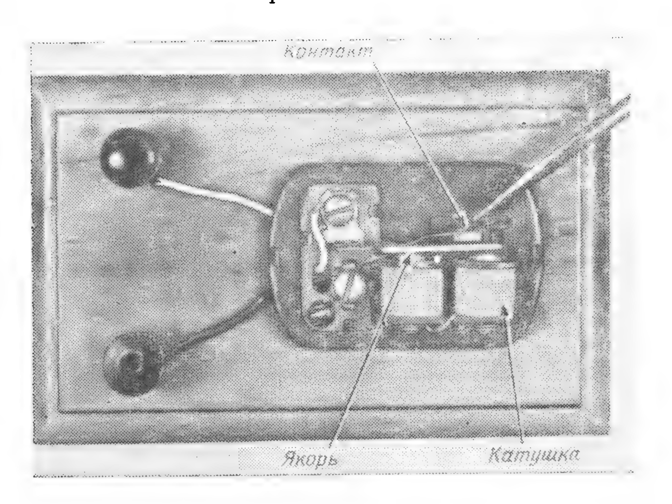


Рис. II.14. Примером применения электромагнита является зуммер. Колебания в зуммере обусловлены наличием прерывистого контакта. Когда зуммер соединен с источником электрической энергии, электромагнит притягивает якорь. Как только якорь притянется к катушке, контакт разрывается и электромагнит перестает притягивать якорь. Якорь возвращается в свое первоначальное положение, и контакт восстанавливается Электромагнит снова притягивает якорь к катушке. Вибрация якоря есть следствие попеременного включения и выключения тока электромагнита. Указкой отмечено место, где регулируется частота тона зуммера.

делить с помощью компаса (рис. II.13). Как уже отмечалось, магнитное поле изображают в виде силовых линий. Как и постоянный магнит, катушка имеет северный и южный полюсы. Южный полюс катушки притягивает северный конец стрелки компаса.

Применение электромагнитов. Принцип электромагнетизма используется при конструировании многих устройств. Электромагниты применяются в электродвигателях, автомобилях, громкоговорителях, телевизорах, электрогенераторах и во многих других устройствах (рис. II.14).

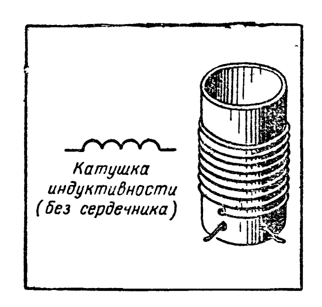
Электромагниты используют там, где нужны сильные магнитные поля. Когда электромагнит подключен к источнику тока, он создает магнитное поле; когда ток в обмотке электромагнита выключен, магнитного поля нет.

Если катушку с обмоткой без сердечника подключить к батарее, то она будет довольно слабо притягивать сталь или железо. Если же в середину катушки вставить сердечник (кусок мягкой стали), то наш электромагнит сможет поднять несколько стальных предметов. При отсоединении батареи от катушки электромагнита стальные предметы, удерживавшиеся им, отпадут. Это произойдет потому, что сердечник из мягкой стали легко размагнитится. Таким образом, после отключения электромагнита от источника тока он перестает работать.

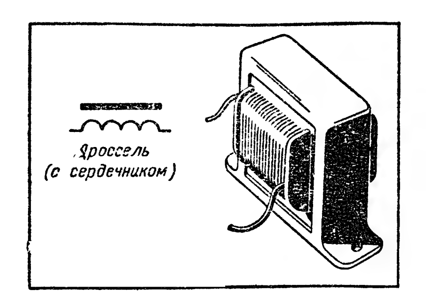
Итак, отметим основные особенности электромагнита: во-первых, он должен создавать сильное магнитное поле и, во-вторых, сердечник электромагнита должен быть сделан из мягкой стали, чтобы после выключения электромагнита его магнитное поле было по возможности слабым.

Электромагнит может обладать большей или меньшей силой притяжения в зависимости от пропускаемого по нему тока и числа витков в катушке. Напряженность магнитного поля возрастает с увеличением тока, протекающего по катушке, и с увеличением числа витков. Влияние этих факторов более подробно будет рассмотрено ниже.

Катушка и подвижный сердечник. В устройствах дистанционного управления, выполняющих операции открывания, закрывания, притягивания или отталкивания, обычно используется электромагнит, состоящий из катушки и подвижного стального сердечника. Такой электромагнит называют соленоидом. Если намотать из про-



Условное обозначение катушки.



Условное обозначение катушки с ферромагнитным сердечником.

вода катушку на каркасе из немагнитного материала, например картона, и подключить ее к батарее, то вокруг катушки появится магнитное поле. Магнитные силовые линии этого поля сконцентрируются внутри катушки. Небольшой стальной сердечник (из мягкой стали), расположенный вблизи катушки (рис. II.17), будет втягиваться в катушку.

Втягивание сердечника в катушку происходит под действием сил ее магнитного поля, т. е. катушка дейст-

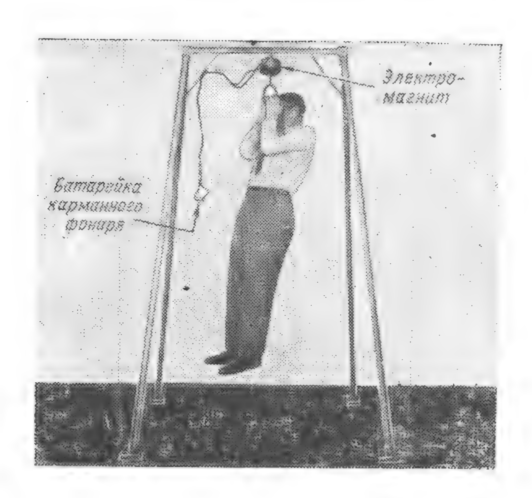


Рис. II.15. Небольшой электромагнит, сделанный в мастерской, может удерживать около ста килограммов. Батарейка для карманного фонарика, питающая электромагнит, позволяет ему удерживать человека весом 80 *кг*. Промышленностью используются большие электромагниты, способные поднимать стальные детали весом в несколько тонн.

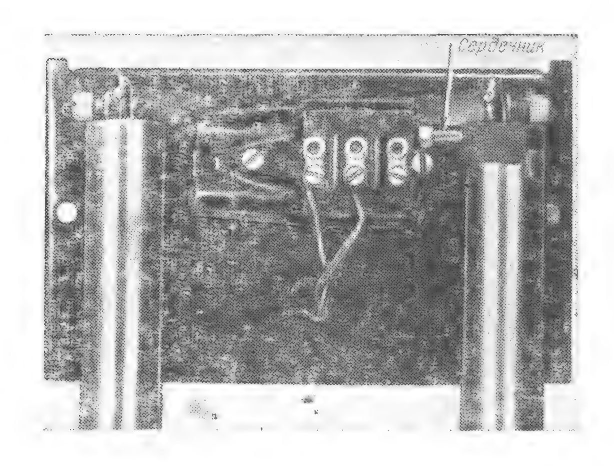


Рис. II.16. Во вспомогательном устройстве электрического колокола используется катушка с подвижным сердечником, называемая соленоидом. Когда нажимается кнопка, сердечник втягивается в катушку и ударяет одну из труб. Когда кнопка освобождается, пружина вытягивает сердечник из катушки и приближает его ко второй трубе. Таким образом, нажимая и отпуская кнопку, можно получать соответствующие звуки.

вует как обычный магнит и притягивает к себе стальной сердечник. Элементарные магнитики в сердечнике, попадая в магнитное поле катушки, располагаются упорядоченно. В результате этого магнитное поле внутри катушки усиливается. После отключения батареи катушка те-

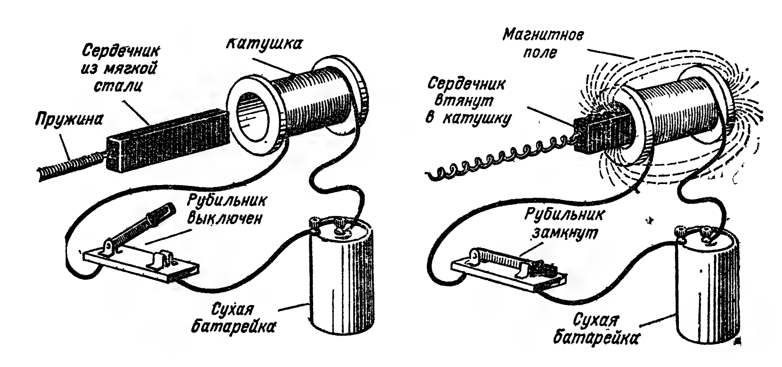


Рис. II.17. Когда батарея соединена с катушкой, сердечник намагничивается и втягивается в катушку. Когда батарея отключена, магнитного притяжения между катушкой и сердечником нет, и под действием пружины сердечник выходит из катушки.

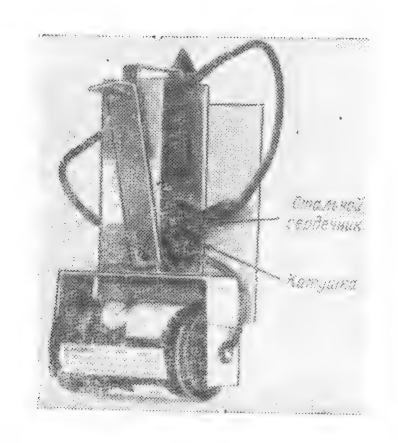


Рис. II.18. Вид сзади на катушку с подвижным сердечником, используемую в мигающих электрических рекламах. Батарейка подключается к катушке с проводом, и стальной сердечник втягивается в середину катушки. Когда сердечник проходит через катушку, батарейка отключается. Это позволяет ему пройти через катушку и после достижения крайнего положения вернуться в начальное состояние. К этому моменту катушка вновь подсоединяется к батарейке и цикл движения сердечника повторяется. Пустить устройство в работу можно вручную.

ряет свои магнитные свойства, а сердечник размагничивается, потому что он сделан из мягкой стали. Такой подвижный сердечник можно использовать для притяжения или выталкивания различных устройств. Если сердечник прикрепить к пружине, то он будет возвращаться в свое первоначальное положение сразу же после отключения тока (рис. II.18).

ИНТЕРЕСНЫЕ ОПЫТЫ И САМОДЕЛКИ

1. Намагничивание постоянного магнита при помощи электрического тока

Сверните вокруг деревянной палочки диаметром 6,5 *мм* трубку из тонкого картона размерами 50×50 *мм* (рис. II.19). Склейте края картона внахлест быстро сохнущим клеем. Проследите, чтобы трубка не приклеилась к деревянной палочке и чтобы ее можно было снять. Из толстого картона толщиной 3 *мм* вырежьте две круглые щечки диаметром приблизительно 25 *мм*. В каждой из

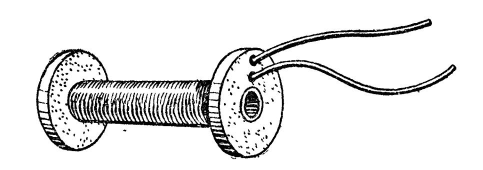


Рис. II.19. Катушка электромагнита.

щечек просверлите центральное отверстие, чтобы их можно было плотно надеть на концы картонной трубки. Просверлите в одной из щечек отверстие диаметром 1,5 *мм* вблизи от центрального отверстия. Второе отверстие диаметром 1,5 *мм* нужно просверлить у внешнего края той же щечки. Приклейте щечки на концы трубки. Вставьте во внутреннее отверстие щечки конец провода диаметром 0,65 *мм* для намотки электромагнитов. Намотайте четыре плотных слоя провода на каркас, после чего конец провода выведите во внешнее отверстие щечки. Выводы катушки должны иметь длину около 150 *мм*.

Возьмите стержень из твердой стали диаметром около 6 *мм* и длиной 75 *мм*. Можно использовать и кусок ножовочного полотна, пружину от часов или инструментальную сталь. Вставьте стержень в катушку. Подсоедините выводы катушки к батарее приблизительно на 10 *сек*. Отключите батарею и вытащите сердечник. Убедитесь, что сердечник притягивает небольшие гвозди. Что произошло со сталью? Поднесите сердечник одним концом к стрелке компаса. Пометьте полярность вашего постоянного магнита.

2. Соленоид с подвижным сердечником

Возьмите стержень из мягкой стали диаметром 6 *мм* и длиной 65 *мм*. Вставьте его наполовину в катушку, сделанную в первом опыте. Подсоедините один конец катушки к батарее, а затем на мгновение коснитесь вторым выводом другого полюса батареи. Что происходит с сердечником и почему? Как можно использовать этот принцип в электрических приборах?

Намотанную вами катушку можно использовать в различных электрических устройствах, например в электрическом замке, зуммере, реле, выключателе или электродвигателе.

3. Электромагнит большой силы

Необходимые материалы

Кусок четырехдюймовой стальной трубы длиной 50 *мм*	1
Кусок мягкой листовой стали 6×125×125 *мм*	1
Кусок мягкой листовой стали 9,5×125×125 *мм* . . .	1
Круглый пруток из мягкой стали ∅ 38 *мм* длиной 56 *мм*	1
Стальные крючки с резьбой М 9,5	2
Шестигранные стальные гайки М 9,5	2

Крепежные стальные винты с резьбой М4, длиной 19 *мм* 8
Провод для намотки электромагнитов ∅ 1 *мм* с эмалевой или хлопчатобумажной изоляцией . . . . . . 110 *м*
Лист металла толщиной 0,8 *мм* 150×200 *мм* для изготовления катушки (см. текст) 1
Трубка из изоляционного материала длиной 50 *мм* . . 1

Секрет колоссальной силы этого электромагнита при питании от миниатюрной батарейки (рис. II.15) заключается в почти идеальном магнитном контакте между верхней пластиной и трубой, а также между нижней пластиной, сердечником и трубой. Для получения такого контакта детали нужно обрабатывать на станке до получения зеркальной поверхности. Для тех, кто сможет выполнить необходимые операции на токарном станке, а также сумеет приварить центральный сердечник к верхней пластине, откроется возможность с помощью изготовленного электромагнита провести много весьма интересных экспериментов.

Обточите боковую и переднюю поверхности детали на токарном станке до получения максимально ровных

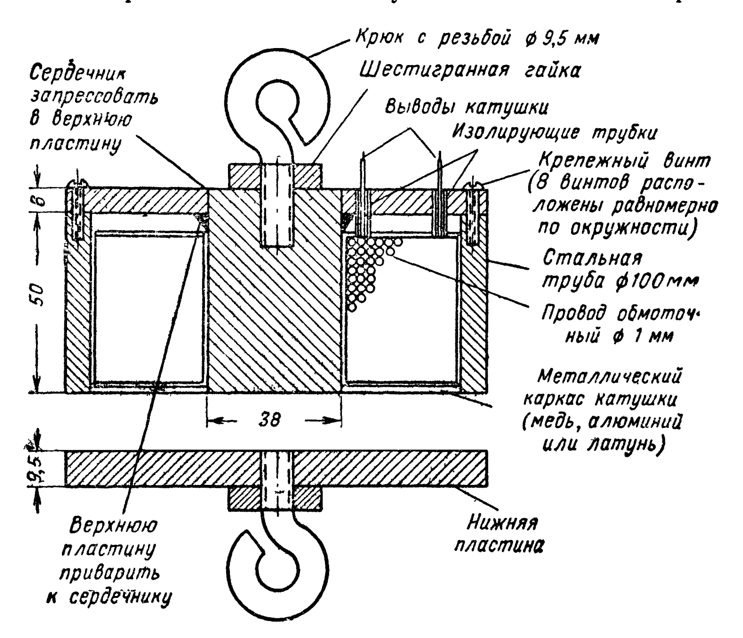


Рис. II.20. Разрез электромагнита большой подъемной силы.

поверхностей соприкасающихся деталей. Диаметр нижней пластины должен быть приблизительно равен диаметру трубы. Просверлите в центре верхней пластины отверстие, в которое запрессуйте сердечник, и сварите обе детали, как показано на рис. II.20. Привинтите верхнюю пластину с сердечником к трубе винтами в соответствии с рисунком. Установите собранную оболочку магнита на токарный станок и обработайте торцевые поверхности сердечника и трубы по одной плоскости. Просверлите отверстия в магнитном сердечнике и нижней пластине, нарежьте резьбу и закрепите в этих отверстиях стальные крючки с помощью гаек. Просверлите в верхней пластине два отверстия диаметром 3 *мм* для выводов катушки.

Из меди, алюминия или латуни сделайте каркас, на который вы затем намотаете катушку из провода для электромагнитов. Использовать для каркаса сталь нельзя.

Катушка должна плотно надеваться на сердечник и быть несколько короче стальной трубы. Намотайте 110 *м* провода и изолируйте выводы катушки изоляционными трубками. Чтобы выводы катушки не ломались, их можно сделать из кусочков многожильного провода, присоединенных внутри к катушке, или закрепить выводы на контактной планке, укрепленной на верхней пластине электромагнита. Если электромагнит предполагается использовать для удержания одного или нескольких человек, рекомендуется связать верхнюю и нижнюю пластины вместе небольшой цепочкой.

Контрольные вопросы

1. Что происходит, когда катушка с проводом подсоединяется к источнику электрической энергии?
2. Что происходит со стальным сердечником, когда он помещен в катушку, соединенную с источником электрической энергии?
3. Назовите несколько электрических устройств, в которых используются электромагниты.
4. Какое влияние оказывает стальной сердечник на магнитное поле в электромагните?
5. Почему в электромагнитах не используется твердая сталь?
6. Что собой представляет катушка с подвижным сердечником?
7. Объясните, почему сердечник из стали втягивается в магнитное поле катушки.

ГЛАВА III

ИСТОЧНИКИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

6. ЭЛЕКТРОННАЯ ТЕОРИЯ

Строение вещества. Веществом мы называем все, что имеет массу и занимает некоторый объем в пространстве. Вещество может быть твердым, как, например, медь, из которой изготовлен электрический провод, газообразным, как водород, или жидким, как вода.

Рассмотрим строение вещества на примере воды. Возьмем каплю воды и разделим ее пополам. Если мы будем продолжать делить получаемые капельки, то в конце концов в наших руках окажется частица, которую дальше уже нельзя делить, хотя она все еще сохраняет химические свойства воды. Такой мельчайшей частицей является молекула.

Возьмем теперь молекулу воды и пропустим через нее электрический ток. Молекула распадется на две газообразные составляющие — водород и кислород. Однако эти газы не обладают свойствами воды. Вещество, которое подобно воде может быть разложено на две или несколько основных составляющих, называется химическим соединением.

Водород и кислород не удается разложить на составляющие. Их называют химическими элементами. Мельчайшая частица элемента, все еще сохраняющая химические и электрические свойства этого элемента, называется

Рис. III. 1. При соединении атомов кислорода и водорода образуется молекула воды.

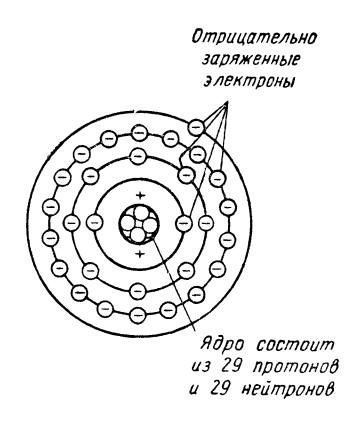


Рис. III.2. Строение электронных оболочек атома меди.

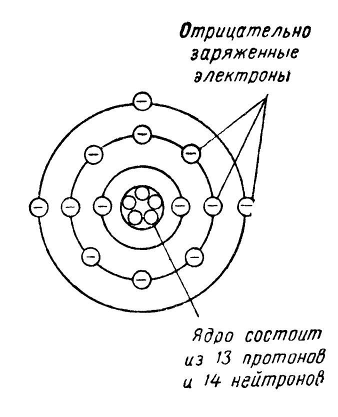


Рис. III.3. Строение электронных оболочек атома алюминия.

атомом. Для образования молекулы воды необходимы два атома водорода и один атом кислорода (рис. III. 1).

Природа электричества. До того как была предложена электронная теория, электрические эффекты можно было наблюдать, ощущать и даже измерять, однако объясняли их при помощи таинственной силы, действие которой распространялось по проводнику со скоростью 300 тысяч километров в секунду. В наше время, когда электронная теория получила повсеместное признание, ею пользуются для объяснения распространения электричества через проводники.

Согласно электронной теории атомы, из которых образовано все вещество, состоят, в свою очередь, из трех типов частиц: протонов, электронов и нейтронов. Атомы различных материалов отличаются друг от друга лишь числом и расположением этих частиц.

Электрон представляет собой частицу с отрицательным электрическим зарядом и вращается вокруг центра атома подобно тому, как Земля вращается вокруг Солнца. В центре атома находится ядро, состоящее из пололожительно заряженных частиц, называемых протонами, и нейтральных частиц (лишенных заряда) — нейтронов. Итак, имеются два вида заряженных частиц — положительные и отрицательные. Поскольку положительный заряд ядра атома притягивает отрицательный заряд электрона, можно утверждать, что противоположные

по знаку заряды притягиваются друг к другу. Другими словами, между положительным и отрицательным зарядом действует сила притяжения.

Следует отметить, что каждая из таких частиц, как протон и нейтрон, имеет массу в 1 847 раз большую, чем у электрона. Таким образом, практически полный вес атома какого-либо материала определяется числом его протонов и нейтронов.

Ради простоты построения схемы атома его обычно представляют в виде ряда орбит, по которым движутся электроны. Диаметры орбит последовательно возрастают. Однако, по общему мнению ученых, движение электронов происходит по окружностям больших кругов сферических оболочек, причем каждая из оболочек расположена внутри другой. Сила, удерживающая электроны на орбитах и предотвращающая их отрыв от ядра атома, является силой притяжения между положительно заряженными протонами и отрицательно заряженными электронами. Сила, исключающая движение электронов к центру ядра, является центробежной силой, т. е. силой, стремящейся удалить вращающееся тело от центра вращения.

За исключением электронов внешней оболочки, все остальные частицы в атоме расположены весьма близко друг к другу, и, чтобы вырвать их из атома, требуется приложить огромные силы. Поскольку электроны внешней оболочки являются наиболее удаленными от ядра, они притягиваются к положительному ядру в меньшей степени, чем остальные частицы (рис. III.2). У атомов таких материалов, как медь и серебро, во внешней оболочке находится всего по одному электрону, который нетрудно оторвать. Эта особенность делает медь и серебро очень хорошими проводниками электричества.

Атом алюминия состоит из 13 электронов, вращающихся вокруг ядра, образованного 13 протонами и 14 нейтронами (рис. III.3). Законы распределения электронов в атоме требуют, чтобы во внешней оболочке находилось 8 электронов. Только при таком числе электронов обеспечивается устойчивость этой оболочки. При любом другом числе электронов внешняя оболочка оказывается неустойчивой. Чем меньше число электронов, тем больше неустойчивость. Эти неустойчивые электроны известны как «свободные» электроны, поскольку они могут легко перемещаться к другому атому.

Во внешней оболочке атома алюминия всего 3 электрона. Он является хорошим проводником.

Если мы рассмотрим строение электронных оболочек атома меди, изображенного на рис. III.2, то поймем, почему медь является еще лучшим электрическим проводником, чем алюминий. Во внешней электронной оболочке атома меди всего один свободный электрон, тогда как у алюминия их три. Одному единственному электрону атома меди легче перейти к другому атому, чем одному из электронов атома алюминия. Кроме того, электроны, вращающиеся вокруг ядра атома алюминия, расположены в пределах трех электронных оболочек, в то время как в атоме меди они распределены между четырьмя оболочками. Поэтому электрон внешней оболочки атома меди находится на большем удалении от центра атома, и в результате этого уменьшается сила притяжения между ним и положительно заряженными частицами ядра. Уменьшается также сила, под действием которой электрон был бы способен перемещаться в сторону другого атома.

Чтобы заставить электроны двигаться вдоль проводника, необходима сила, способная привести их в движение. Когда электрическая цепь присоединяется к источнику питания, например, к сухому элементу (батарейке), отрицательно заряженные электроны стремятся двигаться вдоль проводника от отрицательного зажима сухого элемента в сторону его положительного зажима. В результате такого движения отрицательно заряженный электрон из внешней оболочки атома отрывается от этого атома проводника и перемещается к соседнему атому. Приход этого электрона к другому атому вынуждает электрон этого атома из внешней оболочки перейти к следующему атому. Этот процесс повторяется и про-

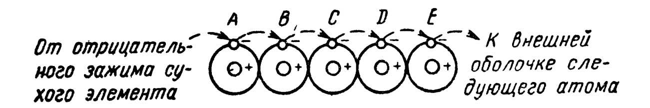


Рис. III.4. Когда отрицательно заряженный электрон перемещается от отрицательного зажима сухого элемента к атому *A*, он вынуждает электрон из внешней оболочки атома *A* двигаться к атому *B*. Электрон из атома *B* движется к атому *C*, где он вытесняет электроны из внешней оболочки и заставляет его двигаться к атому *D*. Это движение захватывает атом *E* и продолжается по остальной части цепи к положительному зажиму сухого элемента.

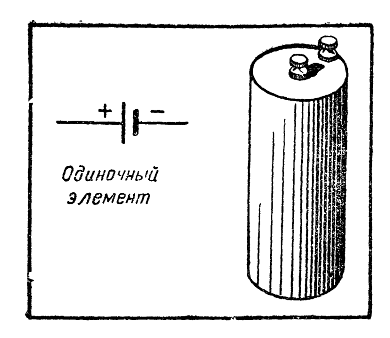
должается до тех пор, пока электрон не дойдет до положительного зажима сухого элемента (рис. III.4).

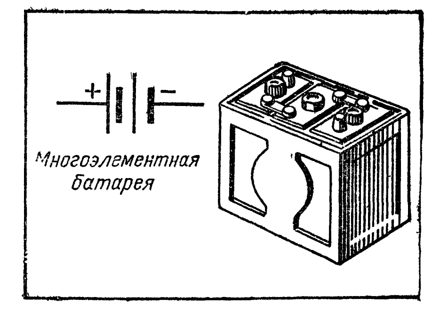
7. ПОЛУЧЕНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ ХИМИЧЕСКИМ ПУТЕМ

Простейший элемент. Простейший источник электрического тока — элемент — можно изготовить путем погружения угля и цинка в раствор нашатыря. Нашатырь используется для очистки поверхностей медных деталей перед пайкой и хранится в виде порошка или брусков. Химики называют нашатырь хлористым аммонием, и в виде порошка его можно приобрести в магазине. Если имеется брусок нашатыря, то от него нужно отколоть несколько небольших кусочков и растереть их в порошок. Затем порошок можно растворить в стакане воды.

В стакан с раствором нашатыря опускается полоска цинка, а затем в тот же стакан вводится стержень из углерода, причем так, чтобы он не касался цинка. После этого к цинку присоединяется изолированный провод, а другой такой провод соединяется с угольным стержнем. Если два других конца этих проводов подключить к 1,5-вольтовой электрической лампочке для карманного фонарика, то она загорится (рис. III.5).

В результате какого процесса наш элемент вырабатывает электрическую энергию? Это происходит так. Водный раствор нашатыря, называемый электролитом, начинает действовать на полоску цинка таким образом, что со всех сторон на этой полоске начинают собираться электроны — мельчайшие отрицательные частицы электричества. Полоска цинка, на которую из раствора перешли электроны, называется отрицательным электродом. Для обозначения отрицательного электрода обычно используется знак минус (—). Поскольку электроны из раствора перешли в цинк, в угольном электроде будет ощущаться недостаток электронов. Место электрической цепи, где наблюдается недостаток электронов, называется положительным электродом. Обычно для обозначения положительного электрода используется знак плюс (+). Если в одном месте электрической схемы скапливается большое число электронов, то они стремятся переместиться в другое место, где наблюдается их недо-





Условное обозначение элемента и его внешний вид.

Условное обозначение батареи и ее внешний вид.

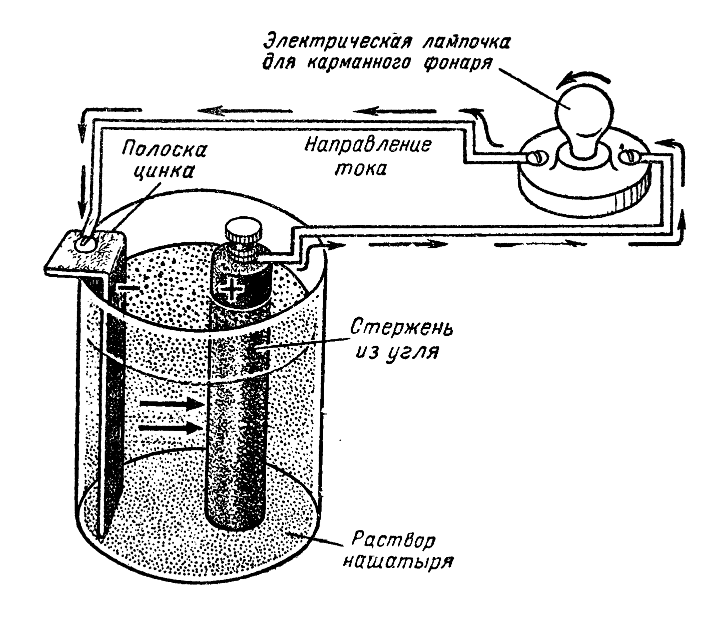


Рис. III.5. Элемент, выполненный из полоски цинка и угольного стержня, погруженных в раствор нашатыря. На схеме изображены элемент — источник тока, два соединительных проводника и лампочка — электрическая нагрузка. Лампочка от карманного фонарика подключена к полоске цинка и угольному стержню. Электроны движутся по проводу и через лампочку от цинка к углю. Этот поток электронов называют электрическим током. Он берет начало в том месте, где имеется много избыточных электронов, и направляется к месту, где сравнительно мало электронов. Направлением же тока в электротехнике принято считать направление, противоположное направлению движения электронов.

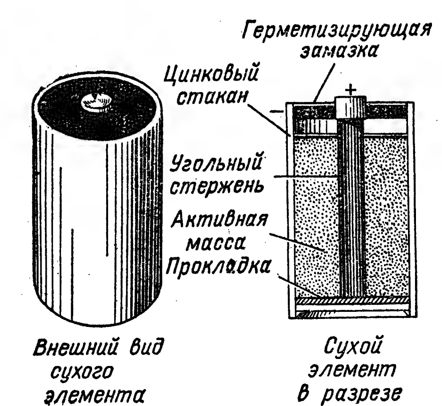


Рис. III.6. Снаружи элемент карманного фонарика покрыт картоном, однако его корпус представляет собой цинковый стакан. В центре стакана — угольный стержень. В цинковом стакане под «крышкой» из изоляционного материала находится электролит, представляющий собой пасту из нашатыря, содержащую также черную двуокись марганца.

статок Электроны в электролитическом растворе устремляются к цинку. Для того, чтобы электроны, скопившиеся в цинковой полоске, имели возможность попасть на угольный стержень, электроды элемента надо соединять внешней цепью, по которой они смогут пройти.

Гальванические элементы и постоянный ток. Элементы, которые нельзя перезаряжать, называются гальваническими или первичными элементами. Когда мы изготовили элемент из цинка, угля и нашатыря, то мы получили первичный элемент, поскольку его невозможно

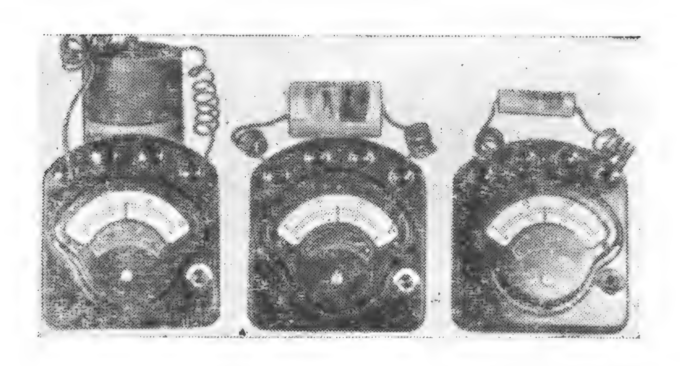


Рис. III.7. Показания всех трех приборов подтверждают, что напряжение одиночного сухого элемента любого размера составляет 1,5 *в*.

перезарядить. Такой элемент выходит из строя после того, как весь цинк полностью растворится в электролите.

Поток электронов, берущии начало в элементе и проходящий через схему, называется постоянным током. Постоянный ток представляет собой поток частиц электричества, имеющий всегда одно и то же направление и величину.

Гальванический элемент имеет один зажим, обозначенный знаком минус (—), и другой — знаком плюс (+). Когда эти зажимы соединены с лампочкой карманного фонарика, электроны проходят через провод и лампочку, двигаясь от отрицательного зажима к положительному. Поскольку электроны в гальваническом элементе всегда перемещаются в одном и том же направлении, он является электрическим источником постоянного тока. За направление тока принято направление, противоположное направлению потока электронов.

Сухой элемент. Гальванический элемент, в котором нет легко проливающегося электролита, называется сухим элементом (рис. III.6). Такие сухие элементы используются в электрических карманных фонариках, автоматических ручках с электроподсветкой, радиоприемниках, телефонных цепях и во многих других устройствах, где необходим постоянный ток. От элементов с жидким электролитом они в основном отличаются тем, что в качестве электролита в них используется активная масса в виде пасты.

Напряжение на зажимах сухого гальванического элемента составляет около 1,5 *в* (рис. III.7). Как и в элементе с жидким электролитом, угольный стержень является положительным (+) электродом, а цинк — отрицательным (—). Принцип работы этого элемента такой же, как и у элемента с жидким электролитом.

Промышленностью выпускается много сухих элементов различной формы и размеров. Элементы больших размеров обладают сравнительно большим сроком службы, т. е. чем больше элемент, тем дольше он служит. В тех случаях, когда элементы предназначены для использования в переносных устройствах или приборах, как, например, в карманном фонарике, они должны иметь по возможности малые габариты и вес.

Щелочно-марганцевый элемент. У обычных сухих элементов на поверхности электродов образуются пузырьки

газа, что приводит к сокращению активной площади контакта электродов с электролитом и ограничивает величину тока, вырабатываемого элементом. Этот эффект называется поляризацией, и обычно для уменьшения его вредного влияния используют деполяризатор, в качестве которого применяют двуокись марганца. Часто эффект поляризации сказывается сильнее, чем действие деполяризатора, и тогда для элемента требуется период покоя, в течение которого он приходит в рабочее состояние.

Недавние усовершенствования сухих элементов позволили существенно уменьшить эффект поляризации, благодаря чему у угольно-цинковых элементов при тех же самых размерах удалось в несколько раз повысить отдаваемый в нагрузку ток и срок службы. Один из таких элементов, известный как элемент щелочно-марганцевого типа, изображен на рис. III.8. В элементах этого типа в качестве электролита используется гидрат окиси калия (едкий калий), обладающий высокой проводимостью. Поверхность электродов в таком элементе имеет большую площадь, что значительно уменьшает действие поляризации. Благодаря этим особенностям такой сухой элемент способен отдавать в нагрузку достаточно сильный ток, лишь в незначительной степени изменяя при этом напряжение на своих зажимах. Кроме того, он способен удовлетворительно работать даже при исключительно низкой окружающей температуре.

Ртутный элемент. Подобно щелочно-марганцевому элементу ртутный элемент способен отдавать в нагрузку

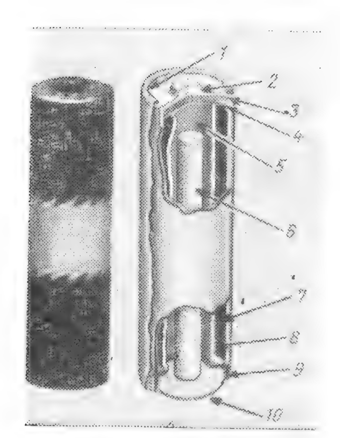


Рис. III.8. Конструкция щелочно-марганцевого элемента. Поляризация в таком элементе уменьшена за счет увеличения площадей положительного и отрицательного электродов (анода и катода):

1 — картон; *2* — положительный электрод; *3* — стальной стакан; *4* — изолирующий диск; *5* — электролит; *6* — анод в виде цинкового цилиндра; *7* — катод из двуокиси марганца; *8* — сепаратор; *9* — изолирующее кольцо; *10* — отрицательный электрод.

достаточно сильный ток, не изменяя при этом существенно напряжения на своих зажимах. Он отличается исключительно продолжительным сроком службы, который может достигать двух лет. Данный элемент способен выдерживать как очень высокие, так и очень низкие температуры, что делает его превосходным источником энергии для переносного электронного оборудования. Одно из преимуществ ртутного элемента перед сухими элементами других типов связано с тем, что ртутные элементы можно изготовлять очень небольшими, размером с пуговицу. Это делает их удобными источниками питания для слуховых аппаратов и других электронных приборов, занимающих ограниченный объем.

На рис. III.9 изображен ртутный элемент в разрезе. Обратите внимание на сходство конструкций ртутного элемента с щелочно-марганцевым. Катоды в обоих элементах расположены в непосредственной близости от корпуса, и в каждом из элементов используется один и тот же электролит — гидрат окиси калия (едкий калий). Одно из существенных различий этих элементов состоит в том, что в ртутном элементе в качестве деполяризатора используется окись ртути, а в щелочно-марганцевом — двуокись марганца. Поскольку в элементах этих двух типов применяется очень едкая гидроокись калия, никогда не пытайтесь их вскрывать, так как это может привести к серьезному поражению глаз или кожи. Химический процесс в ртутном и щелочно-марганцевом элементах подобен химическому процессу в простейшем элементе. Напряжение, создаваемое ртутным элементом, составляет 1,35 *в*.

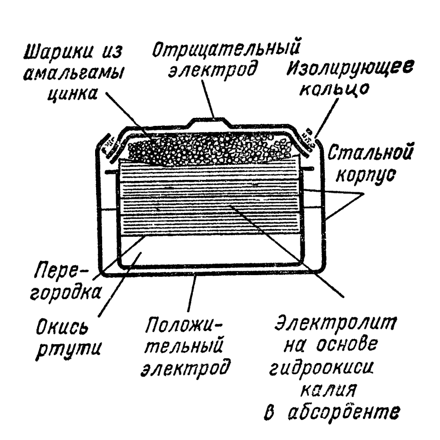


Рис. III.9. Ртутный элемент получил свое название от окиси ртути, используемого в качестве материала катода. Срок службы у такого элемента в несколько раз больше, чем у сухих элементов другого типа, имеющих те же размеры.

Сухие батареи. В тех случаях, когда необходимо получить напряжение больше

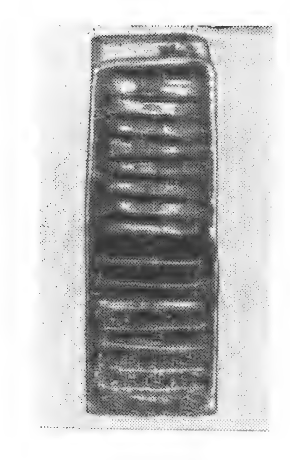


Рис. III.10. Батарея, используемая в качестве источника анодного питания в современных приемниках, состоит из большого числа 1,5-*в* элементов, имеющих форму вафель. Если батарея состоит из 45 элементов, то ее полное напряжение равно 67,5 *в*.

1,5 *в*, сухие элементы соединяются таким образом, чтобы напряжения отдельных элементов складывались (рис. III.10). У карманного фонарика, использующего два сухих элемента, напряжение равно 3 *в*. Когда ряд сухих элементов размещают в одном корпусе и соединяют между собой так, чтобы получить большое напряжение, то такое устройство называют батареей. Эти элементы могут иметь цилиндрическую форму, как, например, элементы для автоматических ручек с подсветкой, или плоскую форму, что обеспечит более компактное расположение таких элементов. Сухие батареи для радиоприемников изготовляются на различные напряжения, обычно равные 1,5; 6; 9; 12; 22,5; 45 или 90 *в*.

Аккумуляторный элемент. Один из недостатков сухого элемента связан с тем, что после определенного времени работы он оказывается разряженным и его дальнейшее использование невозможно. Элемент, который можно использовать снова и снова благодаря перезарядке, называется аккумулятором (вторичным элементом). Элементы такого типа используются в аккумуляторных батареях, устанавливаемых на автомашинах. Аккумуляторный элемент, применяемый в качестве источника тока, во время работы разряжается, однако после перезарядки он вновь готов к работе.

В простейшем гальваническом (первичном) элементе мы использовали два различных материала, погруженных в электролитический раствор. Наиболее распространенным типом аккумуляторного элемента (вторичного) является свинцово-кислотный элемент. Он получил такое название потому, что в него входят свинцовые пластины, используемые в качестве и положительных, и отрицательных электродов; электролитом служит серная кислота, разведенная дистиллированной водой.

Простейший аккумуляторный элемент можно изгото-

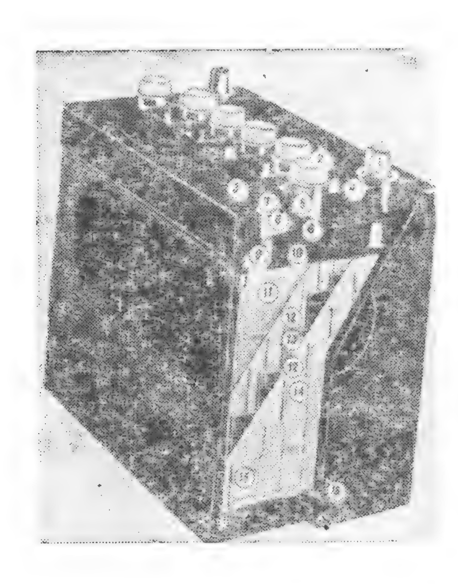


Рис. III.11. Внутреннее устройство автомобилей 12-*в* батареи:

1 — вывод батареи; *2* — колпачок над вентиляционным отверстием; *3* — герметизирующая замазка; *4* — крышка элемента; *5* — наполнительная трубка; *6* — указатель уровня электролита; *7* — межэлементный соединитель, приваренный к вводу, *8* — ввод через крышку элемента и баретка пластин; *9* — баретка пластин; *10* — протектор сепаратора, *11* — отрицательная пластина; *12* — сепаратор; *13* — положительная пластина; *14* — отрицательная пластина, с которой удалена активная масса (чтобы показать ее сетчатую основу), *15* — сетка пластины; *16* — ящик аккумулятора.

вить самому, залив в стеклянный сосуд разведенную водой серную кислоту. При обращении с серной кислотой необходимо проявлять исключительную осторожность, так как она очень опасна. При попадании кислоты на оголенную часть тела происходит сильный ожог кожи; кислота может прожигать одежду до дыр. Раствор кислоты приготовляется в таком порядке: сначала в стакан наливается вода, а затем в воду очень медленно добавляется кислота. После этого в раствор кислоты вводятся две свинцовые полоски, причем так, чтобы они не касались друг друга. Такой элемент еще не будет создавать ток. Он нуждается в зарядке; это можно сделать при помощи источника постоянного тока, в качестве которого можно воспользоваться двумя сухими элементами. Сухие элементы должны быть соединены в батарею так, чтобы ее напряжение составляло 3 *в*. Положительный зажим батареи следует соединить с одной из свинцовых полосок, а отрицательный — с другой. После этого мы увидим, что в электролите что-то происходит: начнут появляться пузырьки. По мере того как процесс зарядки будет продолжаться, свинцовая пластинка, соединенная с положительным зажимом нашей батареи, начинает становиться коричневой. Цвет отрицательной пластинки изменится в очень незначительной степени. Спустя примерно десять минут можно отсоединить батарею и прове-

рить, вырабатывает ли наш аккумуляторный элемент ток.

Зарядка аккумуляторного элемента. Во время процесса зарядки в аккумуляторном элементе происходят изменения. Пластинки становятся различными по цвету, причем положительная пластинка делается коричневой. Такое покрытие на положительной пластинке химики называют перекисью свинца. Таким образом, в результате зарядки аккумуляторного элемента его свинцовые пластинки становятся различными. Электролитический раствор также изменяется: из слабого раствора серной кислоты он превращается в более крепкий раствор той же кислоты. Напряжение полностью заряженного элемента составляет около 2 *в*.

Аккумуляторные батареи промышленного изготовления. Аккумуляторный элемент значительно надежнее сухого элемента. Это особенно заметно в тех случаях, когда необходима непрерывная отдача тока. Так, например, в автомашине аккумуляторная батарея используется для запуска двигателя, в качестве источника электропитания для схемы зажигания, а также фар и вспомогательного оборудования. Поскольку для этих целей необходимо напряжение более 2 *в*, аккумуляторная батарея обычно компонуется из шести кислотно-свинцовых аккумуляторных элементов, соединенных так, чтобы общее напряжение батареи составляло 12 *в*. В некоторых автомашинах применяются аккумуляторные батареи напряжением 6 *в*.

Проверка аккумуляторной батареи. Один из методов проверки работоспособности аккумуляторной батареи состоит в определении концентрации кислоты в каждом из элементов при помощи ареометра. Ареометр представляет собой поплавок. Его помещают внутрь мензурки, в которую наливают электролит из аккумулятора. Ареометр при этом всплывает и на его шкале можно прочесть, какова плотность (удельный вес) электролита. У хорошо заряженного аккумулятора она составляет 1,3, а у разряженного — 1,1.

Если батарея используется в течение некоторого времени, то уровень электролита в банках понижается в связи с его испарением. Для наполнения элемента нужно воспользоваться дистиллированной водой. Если аккумуляторная батарея находится в эксплуатации слишком длительный срок, то она теряет свою способность к перезарядке. Это объясняется тем, что па-

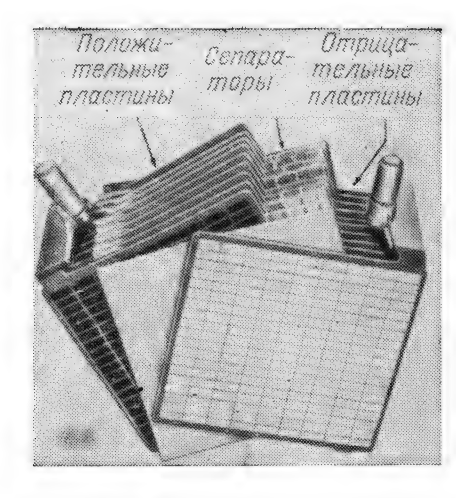


Рис. III.12. В состав каждого элемента аккумуляторной батареи промышленного изготовления входит несколько отрицательных и несколько положительных пластин, удерживаемых на определенном расстоянии друг от друга изолирующими сепараторами. Эти сепараторы могут быть изготовлены из таких изоляционных материалов, как дерево, стекловолокно или каучук. Они предотвращают возможность соприкосновения отрицательных пластин с положительными. В каждом элементе все положительные пластины соединены друг с другом; отрицательные также соединены между собой. В результате этого элемент способен отдавать в нагрузку большой ток Пластины изготовлены из свинцового материала сетчатой структуры. Сетки отрицательных пластин заполняются пористым свинцом, а положительные пластины — перекисью свинца.

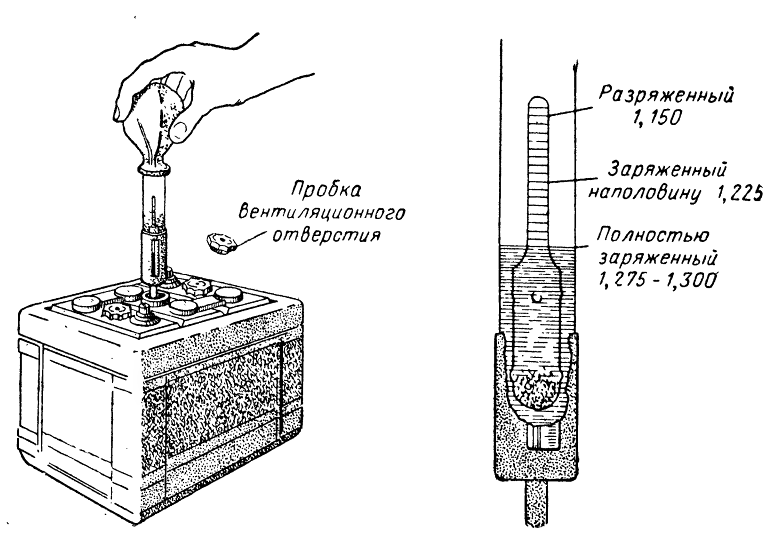


Рис. III.13. Когда в ареометр набрана серная кислота из полностью заряженного элемента, показание ареометра составляет 1,300. В кислоте поплавок поднимается и стоит выше, чем в воде. Когда батарея разряжена, раствор электролита имеет меньшую плотность и его удельный вес, согласно показанию ареометра, составит 1,150.

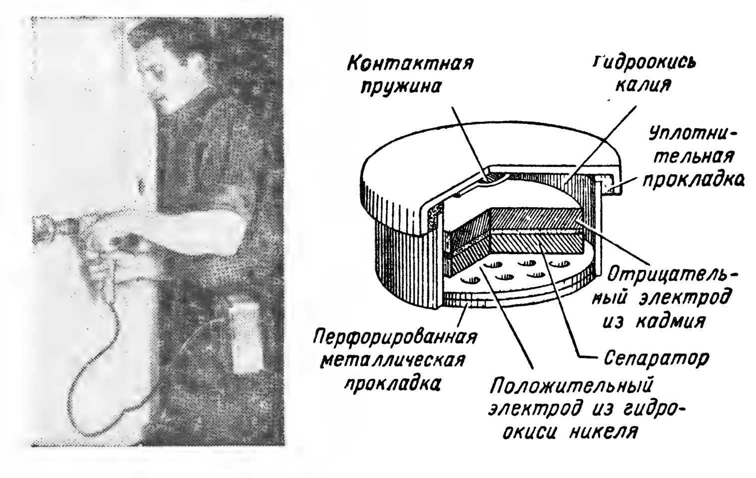


Рис. III.14 Рис. III.15

Рис. III.14. Для электропитания дрели нет необходимости применять длинные провода. Источником энергии для нее служат компактные никель-кадмиевые батареи, работающие в течение многих часов и легко перезаряжающиеся.

Рис. III.15. Никель-кадмиевый аккумуляторный элемент в разрезе. Видны его основные части. Благодаря усовершенствованию элемента отпала необходимость пополнения его водой, а также выпуска газа. Элемент широко применяется для переносного оборудования.

ста начинает отставать от сетчатой основы пластин и пластины начинают коробиться. В таком случае батарею нужно отремонтировать или заменить новой.

Никель-кадмиевый элемент. Появление переносного малогабаритного электроинструмента и переносной электронной аппаратуры потребовало применения более сильноточных элементов, чем сухие. В связи с этим получили распространение никель-кадмиевые аккумуляторные элементы. Они столь же надежны и просты, как и сухие элементы. Подобно кислотно-свинцовому аккумуляторному элементу обычный никель-кадмиевый элемент требует, чтобы в него для восполнения электролита заливалась вода, а также чтобы было предусмотрено вентиляционное отверстие внутри элемента.

В современном усовершенствованном элементе используются никелевый и кадмиевый электроды, а также электролит на основе гидрата окиси калия. Никелевый

электрод полностью заряжается раньше кадмиевого электрода, и поэтому предотвращается выделение газообразного водорода из кадмия. Кислород, выделяющийся у никелевого электрода, вступает в реакцию с кадмием и образует электрохимический эквивалент окиси кадмия. Благодаря этому можно не делать отверстия для выпуска газов, т. е. полностью его герметизировать и применять как обычный сухой элемент. Никель-кадмиевые элементы очень популярны у владельцев транзисторных радиоприемников, поскольку их легко перезаряжать при помощи простого однополупериодного выпрямителя.

ИНТЕРЕСНЫЕ САМОДЕЛКИ

1. Как изготовить простейший элемент с жидким электролитом

В стеклянной банке емкостью 0,5 *л* приготовьте водный раствор нашатыря. Для этого сначала налейте в банку воду, а затем понемногу подсыпайте в нее сухой нашатырь в виде порошка, тщательно перемешивая раствор. Это нужно делать до тех пор, пока очередная порция нашатыря не сможет полностью раствориться. Затем возьмите вышедший из строя сухой элемент и извлеките из него угольный стержень. Вырежьте из листового цинка полоску шириной 2 *см* и длиной 15 *см*. Введите в раствор полоску цинка и угольный стержень и закрепите их так, чтобы они не касались друг друга. Присоедините один провод к угольному стержню, а другой к полоске из цинка. Подключите свободные концы провода к электрической лампочке для карманного фонарика, рассчитанной на напряжение 1,5 *в*. Почему горит лампочка? Что происходит в элементе?

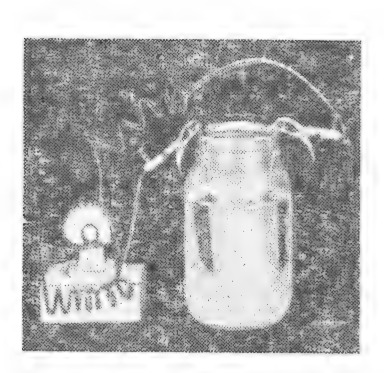


Рис. III.16. Простейший аккумуляторный элемент.

2. Как изготовить простейший аккумуляторный элемент

Налейте в стеклянную банку разбавленный водой раствор серной кислоты. **Работая с кислотой будьте исключительно осторожны!** Если кислоту необходимо разбавить, то **сначала налейте в банку воду, а затем медленно вливайте в нее кислоту.** Достаньте две свинцовые полоски размером 2×6 *см* каждая. Введите эти полоски в раствор и закрепите их таким образом, чтобы они не касались друг друга. Соедините одну из полосок с одним проводом, а другую — с другим.

Возьмите два сухих элемента и соедините в батарею так, чтобы их общее напряжение составляло 3 *в*. Чтобы это сделать, соедините отрицательный электрод одного элемента с положительным электродом другого. Затем провода, подключенные к свинцовым полоскам, подсоедините к батарее. Когда все указанные соединения будут выполнены, начнется зарядка аккумуляторного элемента. Обратите внимание на то, что происходит со свинцовыми пластинами. Процесс зарядки должен продолжаться примерно 10 минут. Отсоедините провода заряженного элемента от батареи и подключите их к лампочке от карманного фонарика или к электрическому звонку. Что произойдет в этом случае?

Контрольные вопросы

1. Объясните, что такое атом.
2. Что удерживает электроны на их орбитах вокруг ядер?
3. Почему серебро и медь являются хорошими проводниками электричества?
4. С какой скоростью передвигается электрон от атома к атому в проводнике?
5. Объясните различие между сухим элементом и элементом с жидким электролитом.
6. В чем отличие гальванического первичного элемента от аккумуляторного, вторичного, элемента?
7. Что такое поток электронов?
8. Что случается с гальваническим элементом, когда он выходит из строя?
9. Что такое постоянный ток?
10. Объясните зависимость срока службы сухого элемента от его размеров.
11. Что происходит при зарядке аккумуляторного элемента?
12. Расскажите о назначении сепараторов в аккумуляторной батарее заводского изготовления.
13. Каким образом можно определить степень зарядки аккумуляторного элемента?

14. В чем основное различие между стандартным сухим элементом и щелочно-марганцевым элементом?

15. Укажите преимущества ртутного элемента перед стандартным сухим элементом.

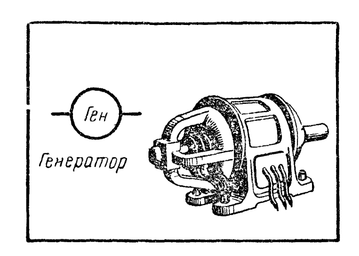
16. Каким элементом является никель-кадмиевый элемент — гальваническим или аккумуляторным?

8. ПРЕВРАЩЕНИЕ МЕХАНИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ В ЭЛЕКТРИЧЕСКУЮ

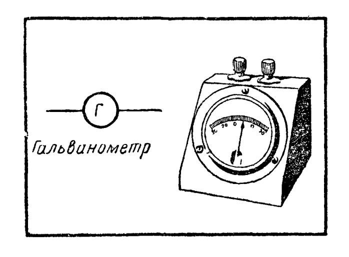
Батареи очень удобны в качестве источника электрической энергии, но они способны ее вырабатывать лишь в весьма небольших количествах. Для получения большого количества электроэнергии применяют генераторы переменного и постоянного тока, работающие на электромагнитном принципе.

Получение тока при движении стержневого магнита. Для получения тока можно использовать проволочную катушку и магнит. Катушку можно изготовить, намотав 25 витков провода на картонную трубку диаметром 2,5 *см*. Для того чтобы обнаружить ток, необходимо использовать очень чувствительный прибор, называемый гальванометром. Гальванометр используется в качестве индикатора, отмечающего прохождение через схему небольшого тока. Обычно, когда прибор не используется (находится в состоянии покоя), его стрелка находится в центре шкалы. Когда через прибор проходит ток, стрелка отклоняется либо вправо, либо влево.

Каждый раз, когда мы вдвигаем магнит в отверстие катушки, стрелка гальванометра отклоняется в одном направлении, и каждый раз, когда мы выдвигаем магнит из катушки, стрелка отклоняется в противоположном направлении. Если мы оставим магнит внутри катушки,



Условное обозначение и внешний вид электрической машины.



Условное обозначение и внешний вид измерительного прибора.

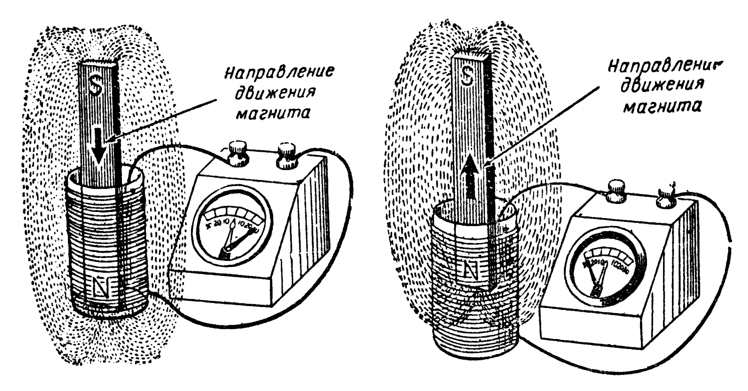


Рис. III.17 Рис. III 18

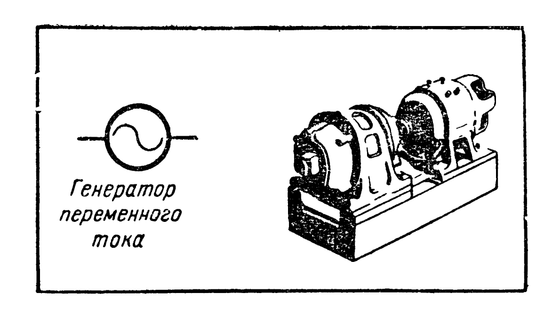
Рис. III.17. Гальванометр подключен к концам катушки. Возьмите в руку стержневой магнит и резко введите его внутрь проволочной катушки. При этом стрелка гальванометра отклонится в одном из направлений, а затем возвратится в нулевое положение в центре шкалы.

Рис. III.18. Когда мы выдвигаем стержневой магнит из катушки, стрелка гальванометра отклоняется в противоположном направлении, а затем возвращается обратно в нулевое положение.

стрелка гальванометра не будет двигаться. Для того чтобы создать ток, необходимо вдвигать магнит в катушку или выдвигать его из нее. Этот процесс поясняется на рис. III.17 и III.18.

Переверните стержневой магнит таким образом, чтобы первым в катушку вдвигался другой полюс. Заметьте, что при движении магнита стрелка гальванометра отклоняется в противоположном направлении. Это показывает, что направление отклонения стрелки гальванометра зависит от того, в каком направлении движется магнит. Следовательно, от направления движения магнита зависит и направление тока в проводнике катушки.

Подвижная катушка. Если мы в одной руке будем неподвижно держать стержневой магнит, а другой рукой, надевая на него катушку, двигать ее вверх и вниз относительно магнита, то мы заметим, что стрелка гальванометра будет сначала отклоняться в одном направлении, а затем в другом. Катушку можно перевернуть, надевать ее на магнит другим концом, который теперь будет первым надвигаться на магнит. Теперь порядок отклонения стрелки окажется противоположным. Из этого



Условное обозначение источника переменного тока.

опыта следует, что электрический ток можно получать либо вдвигая магнит в неподвижную проволочную катушку или кольцо, либо надвигая катушку или проволочное кольцо на неподвижный магнит.

Наведенный ток. Чем объяснить появление тока в катушке при ее взаимодействии с магнитом? В § 4 отмечалось, что вокруг магнита всегда существует магнитное поле. Когда движется магнит относительно катушки или проволочная катушка относительно магнита, витки катушки пересекают силовые линии магнитного поля магнита. При пересечении магнитных линий поля катушки возникает электрическая сила, воздействующая на электроны проводника и способная создать в нем ток. Эта сила называется электродвижущей. Она возникает в катушке только в том случае, когда катушка пересекает своими витками магнитные силовые линии магнита. Ток, получаемый в этом случае, называют наведенным.

Переменный ток. Итак, когда стержневой магнит вдвигается в катушку или выдвигается из нее, стрелка гальванометра сначала движется в одном направлении, а затем в другом. Как уже отмечалось, это обусловлено тем, что витки катушки пересекают магнитные силовые линии, в результате чего в ней наводится ток, т. е. создается поток электронов через катушку и гальванометр. Когда мы вдвигаем стержневой магнит в отверстие в катушке, электроны начинают двигаться в одном направлении. Как только магнит останавливается, поток электронов в цепи прекращается. Когда же магнит выдвигается из катушки, электроны начинают перемещаться в противоположном направлении. Движение электронов сначала в одном направлении, а затем после остановки

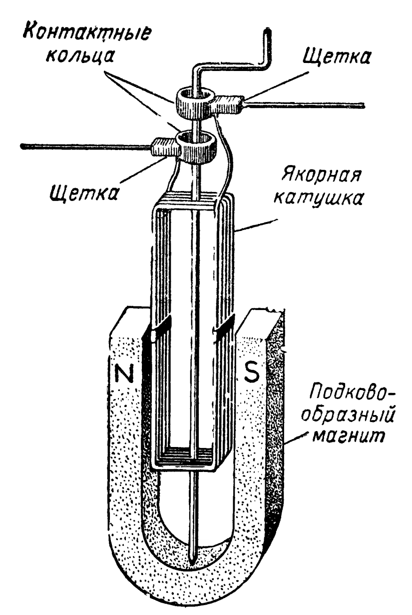


Рис. III.19. Для получения электрического тока от вращающейся катушки необходимо иметь возможность подключения к двум ее концам. Для этого используют контактные кольца или коллектор. Соединение с контактными кольцами осуществляется при помощи двух щеток.

в другом называется переменным током. Такой ток отличается от постоянного тока, имеющего всегда одно и то же направление и величину.

Таким образом, переменный ток сначала проходит по цепи в одном направлении, а затем это направление изменяется, и он идет в противоположную сторону. Ниже будет показано, что имеется много оснований для широкого использования переменного тока.

Частота. Чем быстрее мы вдвигаем стержневой магнит в катушку (и выдвигаем магнит из нее), тем быстрее вынуждены электроны изменять направление своего движения через катушку и гальванометр. Поток электронов меняет свое направление каждый раз, когда магнит вдвигается в катушку и затем выдвигается из нее обратно. Один такой цикл можно сравнить с одним оборотом двигателя автомашины. Автомобильный двигатель, сделав один оборот, заканчивает один цикл движения, прежде чем он начнет следующий второй оборот. Для того чтобы осуществить второй цикл переменного тока, мы должны снова вдвинуть магнит в катушку, а затем вывести его обратно. Каждый раз, когда мы это делаем, совершается один цикл переменного тока.

Число полных электрических циклов, совершающихся в течение одной секунды, называется частотой и измеряется в единицах, называемых герцами. Мы можем получить переменный ток частотой 10 циклов в секунду (10 герц), если мы будем вдвигать магнит в катушку, а затем выдвигать его из катушки, выполняя эту операцию 10 раз в течение каждой секунды.

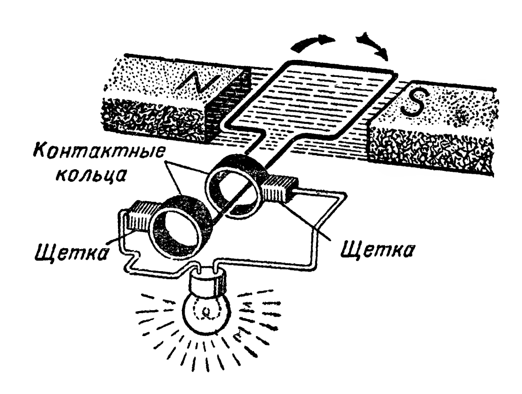


Рис. III.20. На рисунке показано положение рамки генератора переменного тока, при котором он дает максимальное напряжение и лампочка горит наиболее ярко. В течение этого момента проводники якоря пересекают максимальное число магнитных силовых линий. Для упрощения рисунка показан всего один виток катушки якоря, однако из этого не следует делать вывод, что одного витка будет достаточно, чтобы загорелась электрическая лампочка. В действительности, чтобы развить напряжение, достаточное для зажигания лампочки якоря, катушка должна содержать большое число витков.

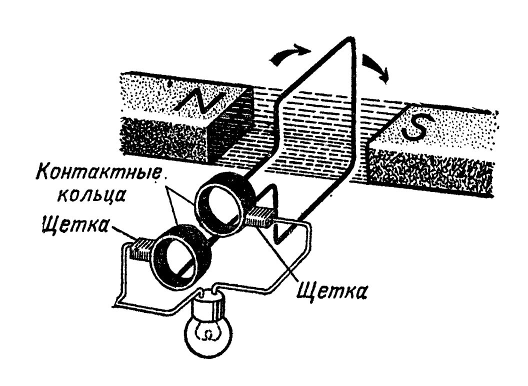


Рис. III.21. Рамка генератора переменного тока, т. е. один проволочный виток, повернулась на 90° относительно положения, показанного на предыдущем рисунке. Поскольку в этом положении виток не пересекает магнитных силовых линий, в нем не наводится напряжение и лампочка не горит.

Частота переменного тока, который используется в быту, составляет 50 *гц*.

Простой генератор. Если проволочная катушка двигается в магнитном поле, то, как мы знаем, при пересечении ею магнитных силовых линий в ней возбуждается электродвижущая сила (э. д. с.). На этом принципе работают генераторы электрического тока. В генераторе имеется подвижная катушка, которая может вращаться в магнитном поле. Вращающаяся катушка обычно называется якорем. Магнитное поле может быть создано при помощи двух магнитных полюсов, таких, например, как у подковообразного магнита (рис. III.19).

Генератор переменного тока. Чтобы осуществить электрическое соединение внешней цепи с катушкой во время ее вращения, на валу якоря закреплены два отдельных кольца. Одно кольцо соединено с одним концом катушки, а другое — с другим. Кольца не должны касаться друг друга, а также и якоря. Они закреплены на якоре с помощью деталей из изоляционного материала. Эти два кольца называются контактными кольцами (рис. III.20 и III.21). Во время вращения кольца находятся в постоянном контакте с двумя щетками, изготовленными из мягкой меди или угля.

Когда катушка вращается в магнитном поле, созданном двумя полюсами магнита, наибольшая э. д. с. возникает в катушке в тот момент, когда ее проводники пересекают максимальное число магнитных силовых линий. Одновитковая катушка (виток) пересекает максимальное число силовых линий в тот момент, когда обе ее стороны движутся у полюсов в непосредственной близости от них (рис. III.20).

Катушка пересекает минимальное число силовых линий, когда каждая сторона витка движется на наибольшем удалении от осевой линии между полюсами. Итак, величина э. д. с., возникающая в катушке, получается наибольшей, когда стороны ее витков движутся в непосредственной близости у полюсов магнита. Электродвижущая сила отсутствует (равна нулю) в те моменты, когда стороны витков катушки вообще не пересекают силовые линии (рис. III.21).

Когда катушка надвигается на магнит, а затем отводится от него, мы говорим о получении переменного тока, поскольку сначала катушка пересекает магнитное поле в одном направлении, а затем в другом. То же происхо-

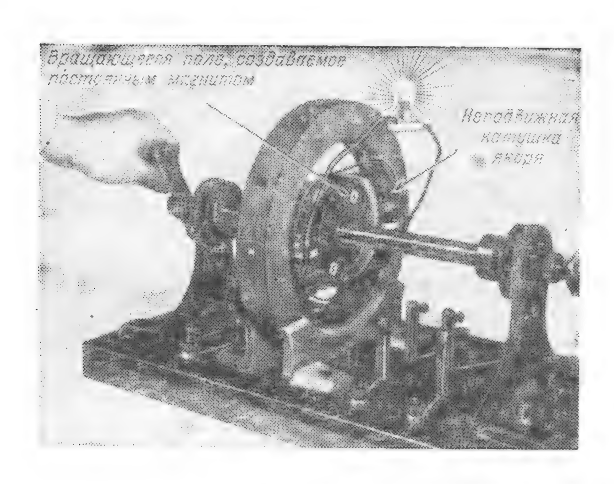


Рис. III.22. Получение переменного тока при использовании неподвижной якорной катушки и вращающегося магнитного поля, создаваемого постоянным магнитом. При вращении магнита в неподвижных катушках наводится переменный ток. В таком генераторе не нужны контактные кольца. Подобные генераторы устанавливают на велосипедах.

дит и тогда, когда катушка вращается между двумя полюсами магнита. В этом случае наведенный ток сначала проходит через щетки в одном направлении, а затем в противоположном. Переменный ток в отличие от постоянного непрерывно изменяет свою величину, которая зависит от положения катушки в магнитном поле в каждый данный момент времени.

Генератор переменного тока можно построить так чтобы не было необходимости использовать контактные кольца и щетки. Устройство такого генератора показано на рис. III. 22.

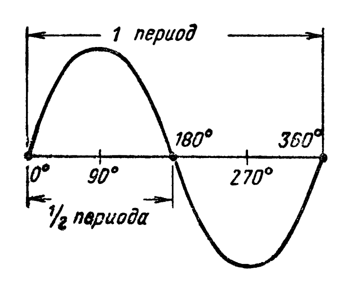


Рис. **III.23.** Форма волны переменного тока (синусоида).

Форма волны переменного тока. Работу генератора переменного тока можно проиллюстрировать с помощью графика (рис. III. 23), изображающего форму волны переменного тока. При вращении якоря между полюсами магнита ток сначала возрастает до макси-

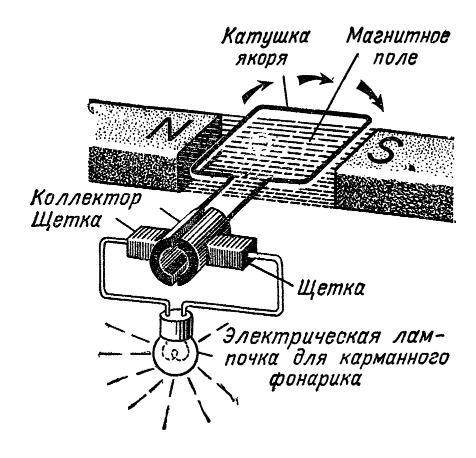


Рис. III.24. Показан простейший генератор постоянного тока, когда его якорь пересекает максимальное число силовых линий. Одна щетка находится постоянно в контакте с поднимающейся вверх левой стороной якорной катушки. Другая щетка находится постоянно в контакте с опускающейся вниз правой стороной якорной катушки.

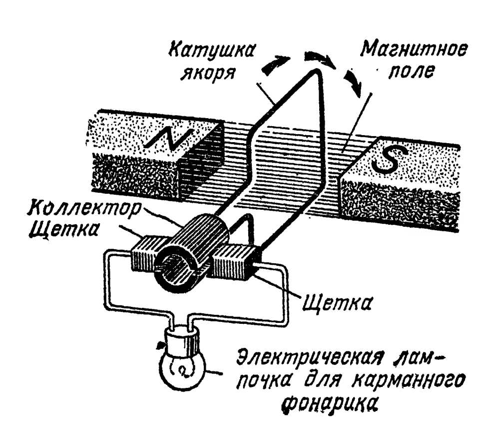


Рис. III.25. При вращении якорь поворачивается на четверть оборота относительно положения, показанного на предыдущем рисунке, и его катушка оказывается в положении, когда она пересекает минимальное число силовых линий. В этот же момент времени коллектор изменяет соединения между концами катушки и щетками. Благодаря этому через лампочку проходит ток одного направления.

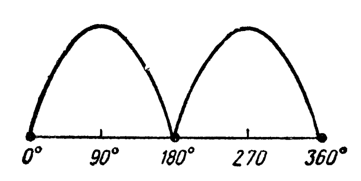


Рис. III.26. График изображает форму волны напряжения генератора постоянного тока. Такая форма волны сходна с волной напряжения переменного тока, только в данном случае обе полуволны расположены над осевой линией. Следовательно, напряжение на выходе генератора получается пульсирующим по величине и постоянным по направлению.

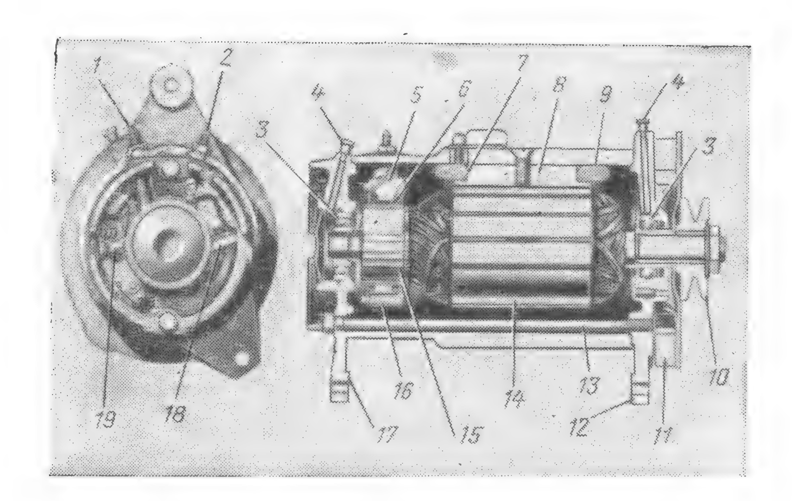


Рис. III.27. В якорях автомобильных генераторов обычно используется несколько катушек. Концы каждой катушки выводятся на отдельную секцию коллектора. Эти секции изолированы друг от друга и называются ламелями коллектора. Ламели соединены с катушками так, что от каждой из них можно отводить ток щетками. Для создания магнитного поля служат электромагниты. Электромагнит создает в якоре сильное магнитное поле. Катушки электромагнита также называются обмотками возбуждения электромагнита. Ток для питания обмоток возбуждения электромагнита поступает от якоря.

1 — зажимы обмотки возбуждения; *2* — зажимы якорной обмотки, *3* — шариковый подшипник; *4* — масленка; *5* — щеткодержатель; *6* — щетка; *7* — изоляция; *8* — полюсный башмак; *9* — обмотка возбуждения, *10* — шкив; *11* — вентилятор и экран; *12* — приводная сторона корпуса; *13* — сквозной болт; *14* — якорь; *15* — коллектор; *16* — пружина; *17* — коллекторная сторона корпуса; *18* — изолированный щеткодержатель; *19* — заземленный щеткодержатель.

мальной величины (якорь повернут на 90° относительно нулевого положения), а затем спадает до нуля (якорь повернут на 180°), чем завершается первый полупериод волны тока. Когда якорь пройдет это положение и нач-



Рис. III.28. На современных железных дорогах широко применяется электротяга. В этом поезде для вращения (привода) крупного электрического генератора служит дизель. Генератор в свою очередь питает электроэнергией электродвигатели, приводящие в движение поезд.

нет поворачиваться дальше, ток будет последовательно принимать те же значения, что и в первом полупериоде, однако его направление (полярность) будет противоположным. Это объясняется тем, что во втором полупериоде катушка якоря пересекает магнитные силовые линии в противоположном направлении. На графике это показано полуволной, расположенной ниже осевой линии.

Генераторы постоянного тока. Для создания генератора постоянного тока необходимо заменить контактные кольца у генератора переменного тока коллектором. Коллектор (рис. III.24 и III.25) состоит из кольца, разрезанного на две половины, причем обе половины изолированы друг от друга, а также от вала якоря. Одна половина коллектора соединена с одним концом катушки, а другая — с другим концом. Щетки находятся в постоянном контакте с коллектором, что позволяет им непрерывно отводить ток, возникающий в катушке. В течение каждого полупериода вращения катушки щетки осуществляют контакт с различными концами катушки (рис. III.25).

С помощью коллектора от генератора можно получать ток, проходящий в одном направлении. Величина этого тока меняется во времени. Такой изменяющийся по величине ток одного направления называют пульсирующим постоянным током.

Генераторы заводского изготовления. Для получения тока с помощью любого генератора необходим источник энергии для вращения генератора. Так, например, для вращения (привода) переносных генераторов, применяемых в полевых условиях, иногда используется мускульная энергия руки человека. Для привода крупных генераторов служат гидротурбины, паровые машины или двигатели внутреннего сгорания. В якорях большинства типов генераторов заводского изготовления используется не одна, а несколько катушек. В этом случае в генераторах постоянного тока удается обеспечить меньшую пульсацию величины тока, т. е. сделать ток почти постоянным по величине.

В автомобильном генераторе (рис. III.27) для получения постоянного тока использован коллектор, состоящий не из двух, а из многих секторов. Поскольку щетки подводят к катушкам электромагнита постоянный ток, каждый полюс магнита всегда оказывается либо северным, либо южным. Генераторы такого типа применяют-

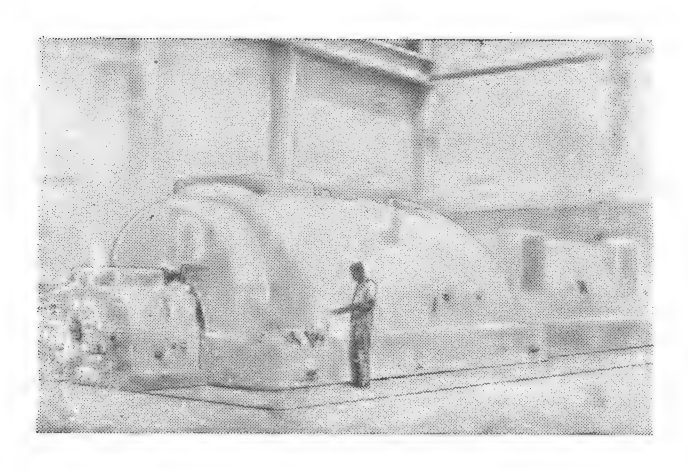


Рис. III.29. Современные электрогенераторы имеют обтекаемую форму и относительно небольшие размеры. Этот генератор, вращаемый паровой турбиной, способен обеспечить электроснабжение города с населением 200 000 человек.

ся при дуговой электросварке на постоянном токе и во многих других случаях, когда необходим постоянный ток.

В большинстве современных генераторов вместо постоянных магнитов используются электромагниты. Магнитные поля, создаваемые такими электромагнитами, должны иметь постоянные полюса неизменной полярности. Этого, однако, нельзя достичь при питании катушек электромагнитов (их называют обмотками возбуждения) переменным током. Если обмотки возбуждения электромагнитов подключить к контактным кольцам генератора переменного тока, то полюсы электромагнита будут меняться местами (южный будет становиться северным, а затем снова южным).

В обычных генераторах переменного тока, так же как и в генераторах постоянного тока, северный и южный полюсы электромагнитов возбуждения должны сохранять свое положение неизменным. В связи с этим приходится использовать определенные средства, чтобы питать электромагниты постоянным током. Для этого можно воспользоваться отдельным генератором, вырабатывающим постоянный ток, или на одном якоре разместить якорные обмотки двух генераторов.

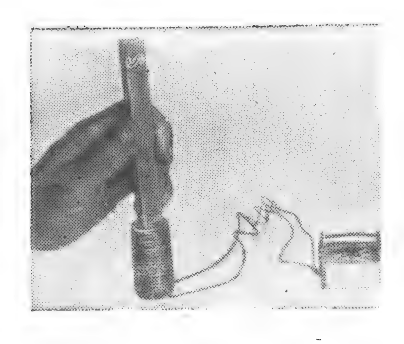


Рис. III.30. Самодельный гальванометр реагирует на проходящий через него электрический ток.

ИНТЕРЕСНЫЕ САМОДЕЛКИ

Изготовление и использование гальванометра

Воспользуйтесь небольшим компасом, который можно изготовить согласно описанию, приведенному в § 4. Его деревянное основание должно быть размером порядка 4×4 *см*. Вырежьте из толстого картона два таких прямоугольника, чтобы длина каждого из них была равна длине деревянного основания, а ширина такой, чтобы край картонного прямоугольника находился примерно на 3 *мм* выше иглы компаса. Наклейте эти куски картона на боковые стороны основания так, как это показано на рис. III. 30. Намотайте вокруг компаса примерно 40 витков обмоточного провода диаметром 0,5 *мм*. Для того чтобы не закрывать стрелку компаса, лучше всего 20 витков намотать с одной стороны от стрелки, а другие 20 витков — с другой. На этом заканчивается изготовление гальванометра.

Возьмите кусок картонной трубки диаметром около 2,5 *см* и длиной 6,5 *см*. Намотайте на трубку примерно 100 витков изолированного провода диаметром 0,5 *мм*. Соедините два конца намотанной катушки с двумя выводами катушки гальванометра. Расположите катушку и гальванометр на расстоянии порядка 45 *см* друг от друга. Введите в катушку стержневой магнит. Теперь вдвигайте и выдвигайте магнит. Что происходит со стрелкой компаса? Почему?

Контрольные вопросы

1. Каково назначение гальванометра?
2. Как перемена полюса, вдвигаемого в катушку стержневого магнита, влияет на движение стрелки гальванометра?
3. Почему при движении стержневого магнита в отверстии катушки в ней возникает э. д. с.?
4. В каком направлении движутся электроны в случае переменного тока?
5. Чем отличается переменный ток от постоянного?
6. Как называют число периодов переменного тока, приходящихся на одну секунду?

7. В чем различие между коллектором и контактными кольцами генераторов?

8. В каком положении обмотки якоря при вращении генератора получается наибольшая э. д. с.?

9. Перечислите различные виды энергии, используемые для вращения генераторов.

10. Как создается магнитное поле в автомобильных генераторах?

9. ДРУГИЕ ИСТОЧНИКИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

Статическое электричество. Вероятно, каждому из вас хоть однажды пришлось испытать электрический удар, коснувшись дверцы автомобиля, когда вы хотели выйти из машины. Очень возможно, что такой удар вы получили, сойдя с резинового коврика и коснувшись кого-нибудь, встретившегося вам на пути. Причиной этих ударов является статическое электричество.

Когда вы едете в автомашине, ваше тело непрерывно трется о подушки сидения и спинки. Вследствие этого трения ваше тело может приобрести статический заряд. Когда вы касаетесь двери автомашины, этот заряд «перескакивает» на дверь и вы ощущаете электрический удар. То же самое происходит, когда вы проходите по резиновому коврику; при трении ваших подошв о коврик ваше тело заряжается. Когда вы кого-нибудь касаетесь, происходит передача приобретенного вами заряда другому человеку.

Статическое электричество возникает в результате взаимного трения между двумя различными неметаллическими материалами, называемыми изоляторами. Большая часть изоляционных материалов являются нейтральными. Это означает, что в каждой частице такого материала содержится одинаковое число положительных и отрицательных зарядов. Если между двумя различными материалами возникает трение, один из материалов лишится части своих электронов, которые перейдут к другому. Материал, на который перешла часть чужих электронов, приобретает отрицательный заряд, а материал, потерявший часть своих электронов, приобретает положительный заряд. Когда электроны перескакивают от одного тела к другому, мы видим искру.

Поведение зарядов статического электричества можно сравнить с явлениями магнетизма. Как отмечалось выше, одноименные магнитные полюса отталкиваются, а разноименные притягиваются. Подобно этому в случае

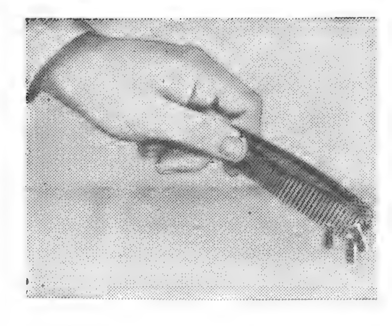


Рис. III.31. Если потереть гребешок кусочком шерсти, то он приобретет электрический заряд в результате перехода на него электронов от шерстяной ткани во время натирания. В случае прикосновения заряженным гребешком к клочкам бумаги они притянутся к нему и повиснут на нем. Гребешок, имеющий отрицательный заряд, отталкивает электроны, находящиеся в ближайшем к нему уголке бумажки. Эти электроны перемещаются к дальнему концу бумажки, и отрицательно заряженный гребешок притягивает к себе положительно заряженный уголок бумаги.

статического электричества разноименные заряды притягивают друг друга, а одноименные — отталкивают (рис. III.32 и III.33).

Проблемы, создаваемые появлением статических зарядов. Во многих случаях возникают статические электрические заряды. Их взаимодействие может приводить к весьма неприятным последствиям. Автоцистерна, перевозящая бензин, приобретает заряд из-за того, что бензин во время транспортировки бьется о стенки автоцистерны, а шины трутся о дорожное покрытие. В результате наличия статического электричества может проскочить иск-

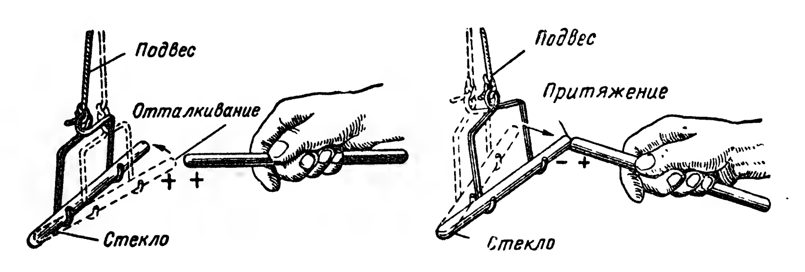


Рис. III.32 Рис. III.33.

Рис. III.32. Оба стеклянных стержня натерты кусочком шелка. Шелк удаляет электроны с поверхности стекла, сообщая ему положительный заряд. Поскольку оба стержня имеют положительный заряд, они отталкивают друг друга.

Рис. III.33. Подвешенный стеклянный стержень натерт кусочком меха. Стекло отбирает электроны у меха, благодаря чему оно приобретает отрицательный заряд. Другой стеклянный стержень натерт шелком, в результате чего имеет положительный заряд. Два стержня, заряженные неодинаковыми зарядами, притягивают друг друга.

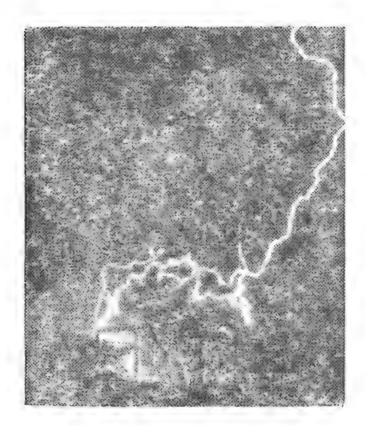


Рис. III.34. Молния является одним из проявлений статического электричества. Трение, возникающее между мелкими капельками в облаках, приводит к тому, что облако заряжается статическим электричеством. Когда заряд облака становится достаточно большим, начинается разряд на землю. Этот разряд статического электричества между облаком и землей (или между облаками) сопровождается гигантской яркой вспышкой и оглушительным грохотом, т. е. молнией и громом.

ра, от которой, в свою очередь, может вспыхнуть бензин. Для того чтобы предотвратить образование статического электричества, на всех автоцистернах для бензина закреплены цепи или ленты, которые во время транспортировки волочатся по земле за машиной. Приводные вращающиеся ремни, используемые в производственном оборудовании, также могут приобрести статический заряд. Когда такие ремни применяются во взрывоопасных помещениях, необходимо заземлять (т. е. соединять с землей) детали, касающиеся этих ремней. Такое заземление обеспечивает стекание заряда и, следовательно, предотвращает возникновение искры, которая может вызвать взрыв.

Использование статического электричества. Статическое электричество находит ряд важных применений. Широко известен, например, газовый электрофильтр (рис. III.35), используемый для удаления пыли и дыма из воздуха. Платяные щетки с щетиной из пластика снимают пушинки с одежды благодаря тому, что в результате трения щетины о ткань волосы щетины заряжаются электричеством. Зерна абразива часто наносятся на шлифовальные ленты при помощи статического электричества. Эти зерна предварительно заряжаются электричеством в очень сильном электростатическом поле. Заряженные огурцевидные зерна абразива при нанесении на ленту располагаются перпендикулярно ее поверхности. Пока они находятся в таком положении, их приклеивают к ленте. Края зерен весьма остры, что дает возможность обеспечить необходимые технические характеристики шлифовальной ленты.

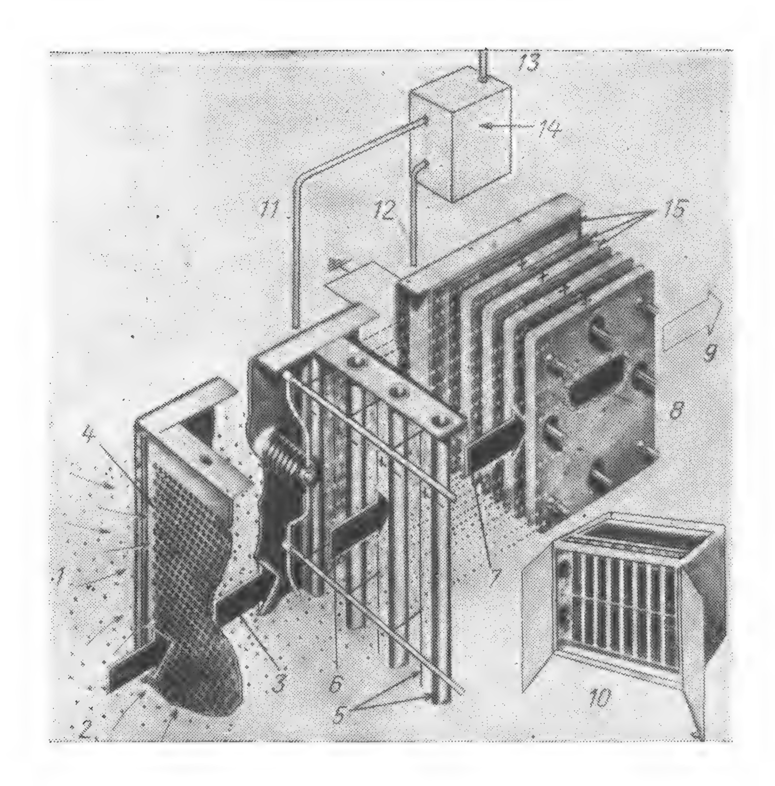


Рис. III.35. Электрофильтр содержит один комплект пластин с сильным отрицательным зарядом и второй комплект таких же пластин с сильным положительным зарядом. Частицы пыли или дыма, проходя сначала мимо отрицательных пластин, приобретают отрицательный заряд. Затем эти частицы проходят через комплект пластин, заряженных сильным положительным зарядом. Отрицательно заряженные частицы притягиваются к положительным пластинам.

1 — поток воздуха; *2* — загрязненный воздух; *3* — незагрязненные частицы; *4* — перфорированная пластина для равномерного поступления воздуха; *5* — ионизатор (заряжающий частицы); *6* — заряженные частицы; *7* — положительно заряженные частицы; *8* — осажденные частицы; *9* — чистый воздух, *10* — общий вид собранного электрофильтра; *11* — 13 000 *в* постоянного тока к проволочным проводникам ионизатора; *12* — 6000 *в* постоянного тока к положительно заряженным пластинам; *13* — от сети питания 127 *в* переменного тока; *14* — блок питания (источник высокого напряжения); *15* — пылесборник.

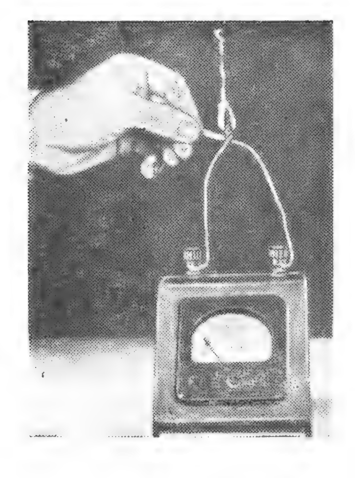


Рис. III.36. Зажженная спичка выделяет достаточно тепла, чтобы получить от термопары некоторый ток.

Термопара. Если скрутить кусок константановой проволоки с куском стальной проволоки и подогреть место их соединения спичкой, то в этом месте будет создаваться э. д. с. (рис. III.36).

Если к свободным концам скрученных проволок присоединить гальванометр, то его стрелка отклонится. Соединение двух разнородных металлов, позволяющее получать э. д. с. при нагреве, называется термопарой.

Термопары используются для измерения высоких температур. Соединение (спай) двух таких металлов, как платина и иридий, помещается в нагревательный

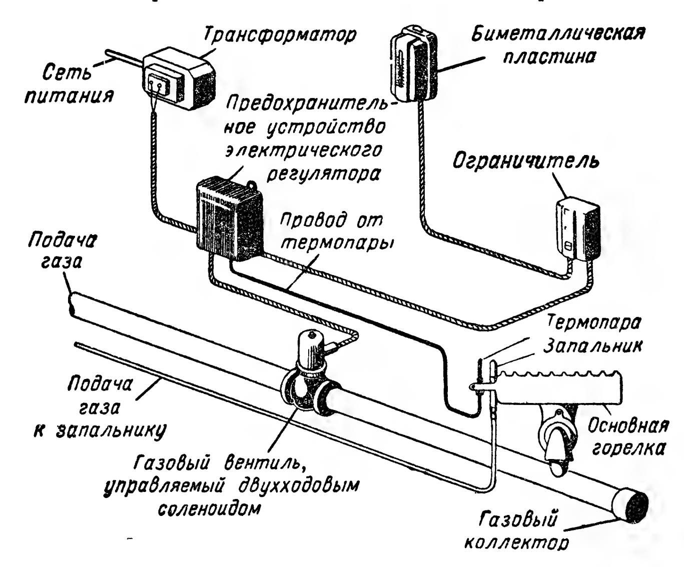


Рис. III.37. Одно из применений термопары связано с ее использованием в устройстве автоматического регулирования подачи топлива в газовой печи. Задачей такого регулирования является поддержание одинаковой температуры в отапливаемом помещении.

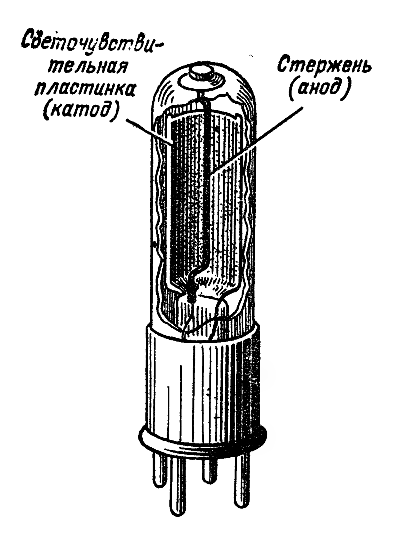


Рис. III.38. Фотоэлектрический элемент (фотоэлемент).

элемент. Электродвижущая сила, создаваемая при нагреве места соединения двух различных металлов, будет тем больше, чем выше температура, до которой нагрето место спая. При подключении к термопаре гальванометра его стрелка отклоняется пропорционально температуре нагрева. Таким образом, по показаниям гальванометра можно судить о температуре. Измерительный прибор такого типа называется пирометром.

В автоматических газовых печах термопары используются для открывания и закрывания вентиля, регулирующего подачу газа. Запальник газовой горелки нагревает место соединения двух различных металлов — спай термопары. При изменении температуры в комнате специальный настенный термометр замыкает электрическую цепь, и ток проходит через обмотку соленоида (рис. III.37). Соленоид открывает газовый клапан. Как только температура в комнате достигает установленной величины, настенный термометр разомкнет электрическую цепь и соленоид закроет газовый клапан.

Фотоэлектрический прибор. Некоторые материалы, такие, как калий, натрий и цезий, под действием света испускают небольшое количество электронов. Материалы, обладающие таким свойством, называют фоточувствительными и используют в фотоэлектрических элементах. Фотоэлектрический элемент (рис. III.38) содержит изогнутую пластинку, покрытую фоточувствительным материалом (катод). Вблизи пластинки смонтирован металлический стержень (анод). И стержень, и пластинка помещены внутрь герметизированного стеклянного баллона. Когда пластинка освещается, из нее выделяются электроны. Так как электроны являются отрицательными частицами, то они устремляются к тому месту, где расположен положительный заряд. Если стержень при-



Рис. III.39. Экспонометр содержит фотоэлементы и используется при увеличении фотографий. На фотоэлемент попадает свет от фотографического увеличителя. На приборе экспонометра показывается количество света, падающего на элемент. Экспонометр проградуирован с таким расчетом, чтобы показывать время выдержки в секундах, необходимой при данном увеличении. Фотоэкспонометры применяют также при фото- и киносъемке.

соединен к положительному зажиму батареи, то он притягивает электроны, вылетающие из пластинки. Чем ярче свет, падающий на пластинку, тем больше электронов она испускает.

Способность света создавать поток электронов в фотоэлектрических элементах может быть использована для многих целей. Почти во всех случаях фотоэлемент можно использовать совместно с усилителем того или иного типа. Благодаря этому фотоэлемент может быть применен для управления работой, например, двигателя, открывающего двери. Когда кто-либо проходит между источником света и фотоэлементом, поток электронов на мгновение прерывается. Усилительная схема может быть сконструирована с таким расчетом, чтобы в момент прекращения электронного потока начинал работать двигатель, открывающий двери.

Фотоэлементы используются в устройствах тревожной сигнализации, устройствах, управляющих осветительными системами, а также для управления многими типами различных машин. Одним из весьма распространенных применений фотоэлемента является его использование в качестве измерителя светового потока (рис. III.39).

Селеновый элемент. Извлечь энергию из солнечного света пытались многие изобретатели. Применение селена позволяет достичь этой цели. Селен является одним из материалов, который испускает электроны под действием света. Селен используется в так называемом «сол-

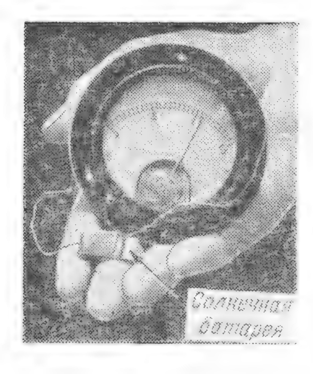
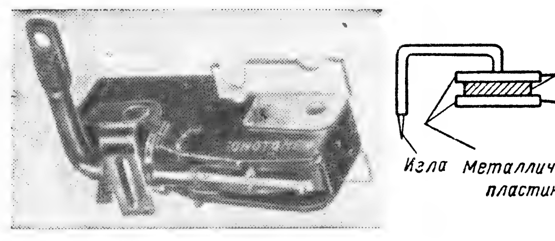


Рис. III.40. Простейший измеритель интенсивности света.

нечном элементе» (рис. III.40). Когда исскуственный или солнечный свет падает на поверхность селена, используемого в солнечном элементе, такой элемент генерирует э. д. с. Использование ряда соединенных между собой солнечных элементов позволяет получить сравнительно большое количество энергии. Такие элементы могут найти многочисленные применения повсюду, где много солнечного или искусственного света. Так, солнечные батареи используются в устройствах измерения интенсивности света, устройствах автоматического управления осветительными системами и во многих других устройствах.

Получение э. д. с. при помощи давления. Очень небольшие э. д. с. можно получить от некоторых типов кристаллов, находящихся под давлением. Так, например, кварц, если его сжимать при помощи двух металлических пластин, создает э. д. с. Если к пластинам подключить очень чувствительный измерительный прибор, то он покажет величину э. д. с. Чем больше давление на кристалл, тем больше будет э. д. с. Способность кристалла создавать э. д. с., когда на него оказывается давление, известна под названием пьезоэлектрического эффекта.



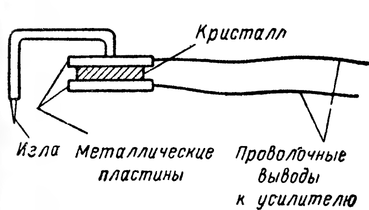
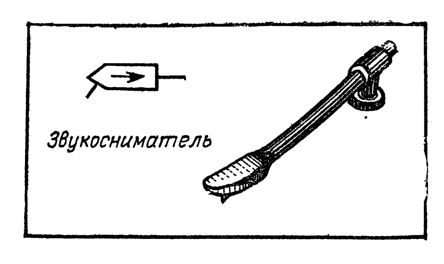


Рис. III.41. Внешний вид и принцип устройства пьезозвукоснимателя, используемого в электропроигрывателях. При движении иглы вдоль бороздки грампластинки игла вибрирует и эти вибрации передаются металлическим пластинам, между которыми помещен пьезокристалл. В результате вибраций кристалл испытывает давление и генерирует меняющееся напряжение. Оно подается на вход усилителя электропроигрывателя.



Условное обозначение звукоснимателя.

Пьезозвукосниматель в электрическом проигрывателе. Хорошим примером использования пьезоэлектрического эффекта может служить пьезозвукосниматель, используемый в электропроигрывателе. В таком звукоснимателе установлен кристалл сегнетовой соли, соединенный с иглой, так, как показано на рис. III. 41. При движении иглы вдоль бороздки грампластинки она вибрирует. Эти перемещения иглы обусловлены небольшими неровностями бороздки. Колебания определяются интенсивностью и характером звуковых колебаний, действовавших на пластинку во время ее изготовления, когда производилась запись. Поскольку игла соединена с кристаллом, колебание, передающееся игле, от нее передается кристаллу. Таким образом, на кристалл действует переменное давление. Эти колебания давления вызывают появление на пьезокристалле очень небольшой по величине меняющейся э. д. с., которая подается на вход усилителя электропроигрывателя. Усилитель усиливает э. д. с., создаваемую кристаллом, после чего громкоговоритель вновь преобразует электрические импульсы в звуковые колебания.

Пьезомикрофон. Другой способ использования пьезокристаллов для получения э. д. с. связан с их применением в пьезомикрофонах. Такие микрофоны используются редко.

Когда кто-нибудь говорит в пьезомикрофон, звуковые волны падают на пьезокристалл микрофона и периодически сжимают его. При помощи пьезокристалла происходит преобразование энергии звуковых волн в слабый электрический ток. Этот небольшой ток затем поступает на усилитель, который делает его достаточно сильным, чтобы обеспечить нормальную работу громкоговорителя.

Колебания кристалла. Когда к паре пластин, прижатых к противоположным сторонам пьезокристалла, прикладывается переменная э. д. с., кристалл начинает вибрировать, т. е в нем устанавливаются колебания. Число этих колебаний в секунду отличается большим постоян-

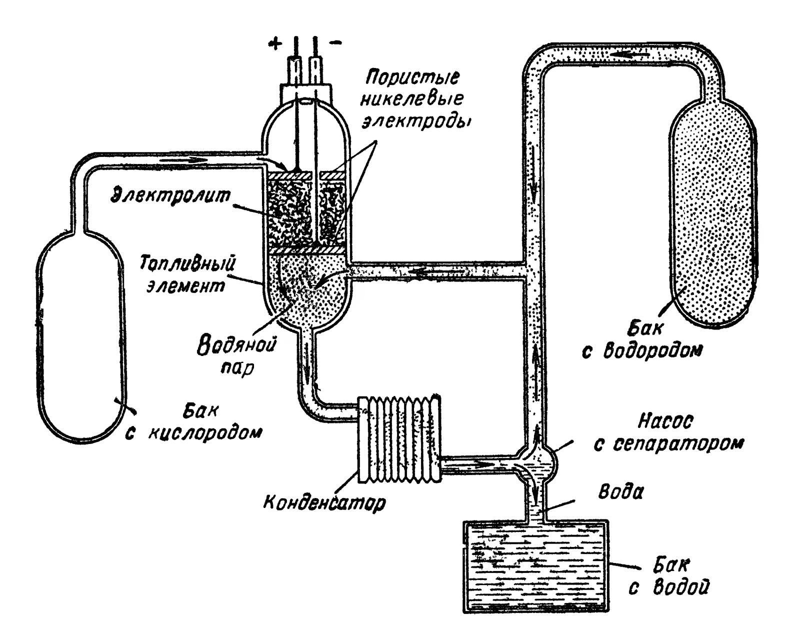


Рис. III.42. Генератор электрической энергии в виде топливного элемента.

ством. Это постоянное число колебаний называется **частотой** кристалла и в основном определяется типом кристалла и его размерами. Такие кристаллы обычно вырезаются из кварца и находят применение, например, в аппаратуре вещательных станций, где постоянство частоты играет очень важную роль.

Топливный элемент. Ученые и инженеры постоянно ищут новые методы получения электрической энергии. Иногда в полузабытых работах далекого прошлого они случайно находят не очень зрелые, но весьма плодотворные идеи и, воспользовавшись современной техникой исследования, создают устройства, завоевывающие всеобщее признание. Так, например, сложилась судьба недавно созданного топливного элемента, оправдавшего возлагавшиеся на него надежды. Он вырабатывает электричество с исключительно высоким коэффициентом полезного действия, достигающим 85% (коэффициент полезного действия лучшей современной электростанции паротурбинного типа достигает лишь 40%). Первая простейшая модель топливного элемента была построена

англичанином Уильямом Гроу еще в 1839 г. За прошедшие с тех пор годы в работах над топливным элементом участвовали многие ученые, однако лишь недавние исследования позволили превратить этот элемент в то совершенное устройство, которое является эффективным источником энергии для космических кораблей. Схема одного из вариантов топливного элемента изображена на рис. III.42.

В показанном на схеме топливном элементе при химическом соединении кислорода и водорода образуется вода. В ходе этого процесса освобождаются электроны, поток которых направлен от отрицательного электрода к внешнему зажиму. Водяной пар, образовавшийся в результате соединения водорода с кислородом, поступает в конденсатор-излучатель, где пар отдает тепло, конденсируясь в воду. Насос перекачивает воду в бак для воды, а сепаратор отделяет от нее избыточный водород, направляемый в водородный патрубок топливного элемента. Одним из преимуществ топливного элемента этого типа является то, что при его применении в качестве источника питания для космического корабля вода, вырабатываемая элементом, может быть использована для удовлетворения потребностей экипажа космического корабля, в том числе и для питья.

ИНТЕРЕСНЫЕ САМОДЕЛКИ

1. Получение статического электричества

Нарежьте бумагу кусочками и положите их на гладкую деревянную поверхность. Зарядите гребешок статическим электричеством, потерев его о шерстяную ткань. Поднесите гребешок к мелко нарезанным кусочкам бумаги. Что происходит? Почему?

2. Изготовление термопары

Отрежьте кусок проволоки из константана длиной 15 *см* и кусок стальной проволоки такой же длины. Для этой цели подойдет проволока диаметром от 0,8 до 1,6 *мм*. Скрутите эти проволоки на участке длиной порядка 4 *см*. Подключите оба свободных конца двух проволок к очень

чувствительному гальванометру или микроамперметру на несколько микроампер, т. е. к одному из приборов, предназначенных для измерения малых токов. Нагрейте скрученные концы проволок зажженной спичкой или газовой горелкой. Почему отклоняется стрелка гальванометра? Поменяйте местами концы проволок, подключенных к измерительному прибору. Что произошло?

3. Изготовление простейшего измерителя освещенности

Достаньте селеновый фотоэлемент.

Двумя проводами подключите к элементу миллиамперметр (со шкалой 0—1 или 0—5 *ма*). Проверьте, подключен ли положительный зажим элемента к положительному зажиму прибора, обозначенному знаком плюс «+». Поверните элемент лицевой стороной к окну. Следите за показаниями прибора. Направьте на прибор свет от электрической лампочки. Сравните последнее показание прибора с тем, которое он давал при освещении светом из окна. На этом принципе может быть создан прибор, предназначенный для использования в фотографии.

Контрольные вопросы

1. В чем состоит сходство законов статического электричества и магнетизма?
2. Перечислите проблемы, возникающие в связи с наличием статического электричества.
3. Назовите несколько полезных применений статического электричества.
4. Каковы условия, необходимые для получения э. д. с. при помощи термопары?
5. Назовите примеры применения термопары.
6. Поясните работу фотоэлектрического прибора.
7. Почему вместе с фотоэлектрическим прибором обычно используют усилитель?
8. Перечислите примеры применения фотоэлектрического прибора.
9. Какие материалы используются в солнечной батарее?
10. Предложите новый, еще не известный способ использования солнечной батареи.
11. Какой материал служит для получения э. д. с. при помощи давления?
12. Поясните работу звукоснимателя электропроигрывателя.

ГЛАВА IV

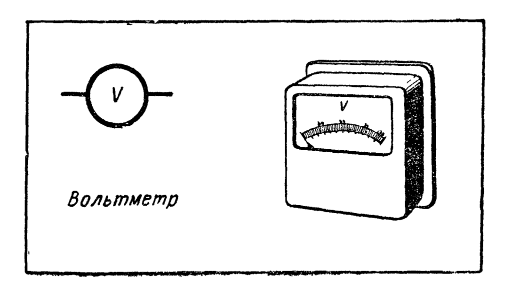
ОСНОВНЫЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

10. ЭЛЕКТРОДВИЖУЩАЯ СИЛА И НАПРЯЖЕНИЕ

Выше отмечалось, что напряжение сухого гальванического элемента составляет 1,5 *в*, а напряжение аккумуляторной батареи — 6 *в*. Вы, наверное, знаете, что напряжение электрической сети в вашем доме составляет 127 или 220 *в*. Напряжение, создаваемое источником тока, зависит от величины э. д. с. этого источника. Если к источнику тока нагрузка (потребитель тока) не подключена, то его напряжение равно его э. д. с. При подключении к источнику тока нагрузки напряжение на его зажимах становится меньше его э. д. с.

Напряжение в электрической цепи можно представить себе в виде, например, напора воды в водопроводной сети. В большинстве городов имеется водонапорная башня с большим резервуаром воды, установленным на ее верхушке, откуда вода под напором растекается по водопроводным трубам, проложенным по всему городу и заходящим в каждый дом. Если открыть в доме кран, то из него под напором потечет вода. Если уровень воды в резервуаре упадет, соответственно понизится и напор в водопроводной системе.

В электрических системах источник электрической энергии создает напряжение подобно тому, как резервуар водонапорной башни создает напор. Чем больше э. д. с. источника, тем больше и напряжение, действующее в системе. Электродвижущая сила, так же как и напряжение, измеряется в вольтах.



Условное обозначение вольтметра.

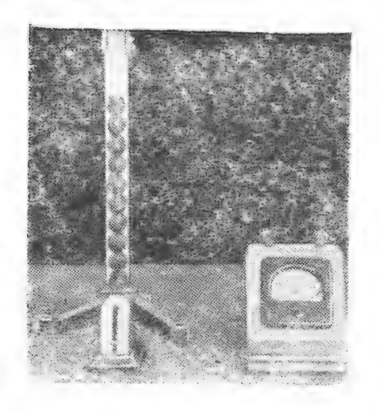


Рис. IV.1а.

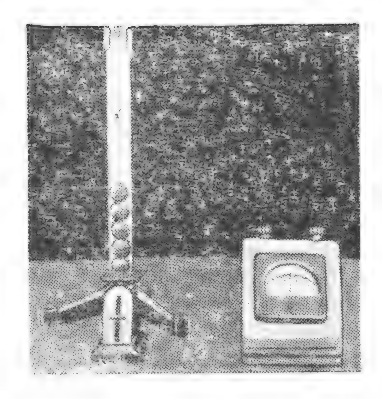


Рис. IV.1б

Рис. IV.1а. Слева показаны пружинные весы с установленной на них прозрачной пластмассовой трубкой. В трубку опущено пять стальных шариков. Они своим весом оказывают давление на пружину, связанную со шкалой для отсчета измеряемого веса. Эти шарики создают давление, смещающее указатель к центру шкалы. Подобное действие на вольтметр оказывает электрическое напряжение. Стрелка прибора отклоняется к середине шкалы.

Рис. IV.1б. На этом рисунке указатель пружинных весов почти опустился до самого низа шкалы. Это произошло за счет увеличения веса при добавлении пяти шариков в пластмассовую трубку, что соответственно увеличило давление на чашку весов. Аналогично этому при увеличении электрического напряжения соответственно изменяется положение стрелки вольтметра.

Создание электродвижущей силы. Как известно, э. д. с. может создаваться генераторами, сухими элементами, батареями, термопарами, фотоэлектрическими приборами или солнечными элементами. Генераторы являются наиболее распространенными источниками э. д. с. и напряжения и используются в тех случаях, когда необходимо получение большого (или высокого) напряжения. Батареи обычно применяются тогда, когда по каким-либо причинам неудобно пользоваться генераторами и когда необходим постоянный ток. Другие методы создания напряжения используются в ограниченном масштабе в основном в специальных случаях.

Ниже перечислены некоторые наиболее употребительные величины напряжений, получаемых от различных электрических устройств.

Термопара	несколько тысячных долей вольта
Сухой элемент	1,5 *в*
Аккумуляторная батарея	6 и 12 *в*
Штепсельные розетки внутриквартирной электропроводки	от 127 до 220 *в*
Электрические подстанции	10 500 *в*
Электрогенераторы на электростанциях .	10 500 *в*
Линии электропередачи на дальние расстояния	110 000 *в* и более

Использование вольтметра. Вольтметр используется для измерения э. д. с. или напряжения. Его зажимы соединяются непосредственно с двумя точками, между которыми мы хотим измерить э. д. с. или напряжение. Один зажим измерительного прибора соединяется проводом с одной точкой электрической схемы, а другой — со второй точкой этой же схемы (рис. IV.2).

При выборе вольтметра необходимо знать, будем ли мы измерять напряжение переменного или постоянного тока. Вольтметры постоянного тока при подключении к цепи переменного тока вообще не дают показаний, а вольтметры переменного тока при подключении к цепи постоянного тока дают неправильные показания или совсем их не дают.

Важно также, чтобы шкала выбранного для измерений вольтметра соответствовала измеряемому напряжению. Если это напряжение слишком велико для данного вольтметра, то он может перегореть.

Для измерения напряжения аккумуляторной батареи напряжением 6 *в* обычно используют вольтметр постоянного тока, рассчитанный на измерение напряжения 10 *в* при отклонении его стрелки на всю шкалу. Если в данном случае взят измерительный прибор со шкалой 0—200 *в*, то напряжение аккумуляторной батареи, равное 6 *в*, вызовет незначительное отклонение стрелки прибора и будет трудно отсчитать точную величину напряжения. Вольтметр со шкалой 0—1 *в* не сможет из-

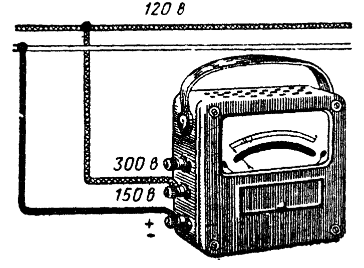


Рис. IV.2. При измерении напряжения в электрической сети один из зажимов вольтметра соединяется с одним проводом линии, а другой с — другим проводом.

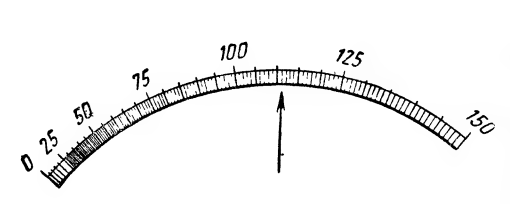


Рис. IV.3. Шкала вольтметра. Деления на шкалах приборов наносят по-разному. Указанное положение стрелки прибора соответствует напряжению 111 *в* переменного тока.

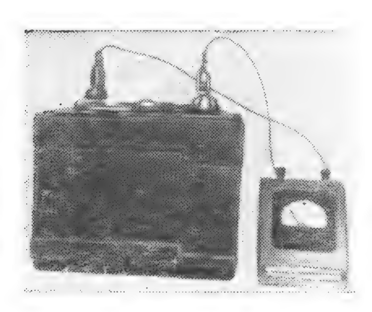


Рис. IV.4. Измерение напряжения аккумуляторной батареи при помощи вольтметра со шкалой 0—25 *в*.



Рис. IV.5. Электрическая схема, соответствующая соединениям, показанным на рис. IV.4. На схеме даны условные обозначения всех ее элементов.

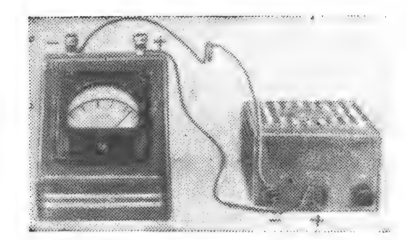


Рис. IV.6. Измерение напряжения батарей.

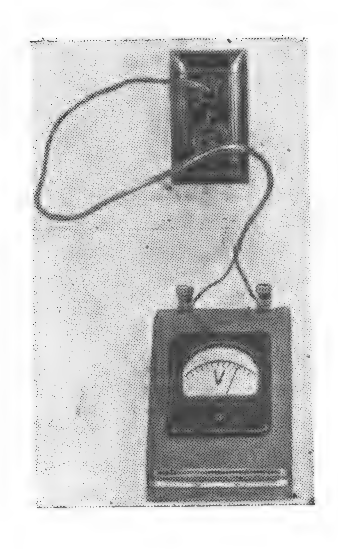


Рис. IV.7. Использование вольтметра переменного тока для измерения напряжения в настенной штепсельной розетке.

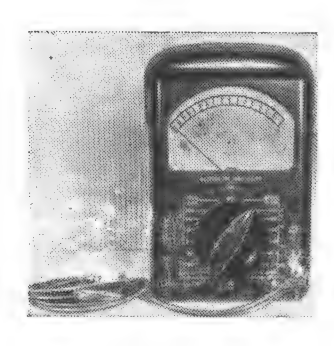


Рис. IV.8. Универсальный измерительный прибор для измерения напряжения переменного и постоянного токов, а также сопротивлений.

мерить напряжение 6 *в*, и включение этого прибора на такое напряжение скорее всего выведет вольтметр из строя.

При измерении постоянного тока необходимо обращать внимание на полярность включения вольтметра. Один из зажимов вольтметра маркируется знаком «+» и иногда окрашивается в красный цвет. Этот зажим прибора называется положительным и соединяется проводом с положительным зажимом батареи. Другой зажим вольтметра соединяется проводом с отрицательным зажимом батареи (рис. IV. 6).

В большинстве жилых домов используется переменный ток с напряжением 220 или 127 *в*. Поэтому для измерения напряжения в штепсельной розетке необходимо использовать вольтметр переменного тока со шкалой 0—250 *в* или 0—150 *в* (рис. IV. 7). Полярность зажимов у приборов переменного тока не указывается. Вольтметр подключается непосредственно к штепсельной розетке, причем провод от одного зажима вольтметра вставляется в одно отверстие розетки, а провод от другого зажима прибора — в другое отверстие. Существуют универсальные измерительные приборы (рис. IV.8), которые можно использовать для измерений электрических величин как на переменном, так и на постоянном токе. На корпусе прибора по-

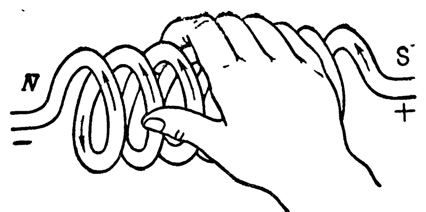


Рис. IV.9. Если пальцы правой руки, охватывая катушку, направлены по току, то отогнутый большой палец указывает в сторону конца катушки, соответствующего северному полюсу.

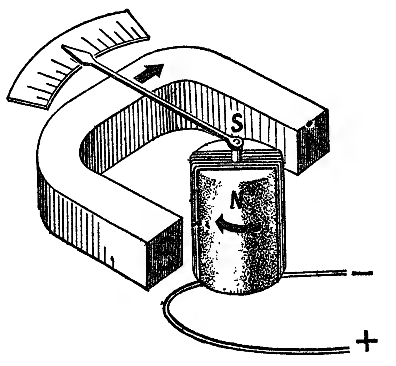


Рис. IV.10. Силы притяжения и отталкивания, возникающие между обтекаемой током катушкой и полюсами магнита, поворачивают ее. Если ток в катушке увеличивается, усиливается и ее магнитное поле. За счет этого катушка поворачивается на больший угол, что обусловлено усилением взаимодействия между полюсами катушки и магнита. Стрелка показывает на шкале величину измеряемого напряжения или тока.

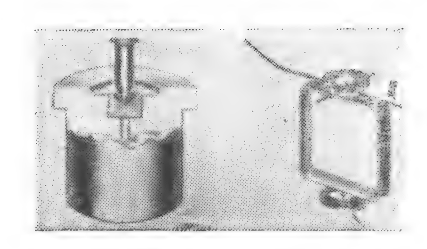


Рис. IV.11. Подвижный элемент измерительного прибора должен быть очень легок. В нем используется металлическая рамка, с помощью которой достигается быстрое затухание колебаний катушки при ее отклонении. Слева показан подшипник, на который опирается нижний керн.

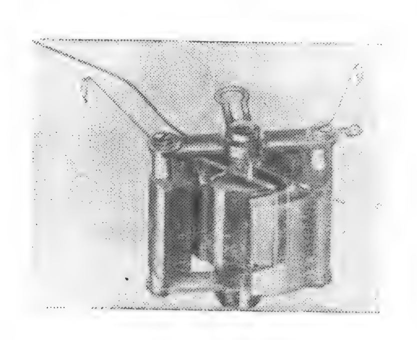


Рис. IV.12. Постоянный магнит магнитоэлектрического прибора. Здесь показан постоянный магнит, имеющий форму кольца.

казано, к каким его зажимам необходимо подключаться в случае измерений на переменном и постоянном токах. Такие приборы обычно имеют несколько различных шкал, выбираемых с помощью переключателя.

Принцип работы измерительного прибора с подвижной катушкой. В большинстве случаев постоянный ток измеряется приборами с подвижной катушкой. Такие приборы называют магнитоэлектрическими. Измерительный прибор с подвижной катушкой часто называют прибором Д'Арсонваля в честь знаменитого французского физика, который еще в 1882 г. предложил конструкцию гальванометра с подвижной катушкой. Работа прибора основана на взаимодействии сил между катушкой и магнитными полюсами.

Когда постоянный ток проходит через проволочную катушку, вокруг нее создается магнитное поле, имеющее северный и южный полюсы. Направление магнитного поля катушки можно определить при помощи так называемого «правила правой руки» (рис. IV.9).

Так как катушка подвешена между полюсами подковообразного магнита (рис. IV.10), то она поворачивается так, что ее северный полюс приближается к южному, а южный полюс притягивается к северному.

Конструкция измерительных приборов постоянного тока. Подвижная катушка измерительного прибора Д'Арсонваля представляет собой несколько витков изолированной проволоки, намотанных на рамку из алюминия (рис. IV.11). Рамка выполняется из алюминия, чтобы сделать катушку как можно легче. Катушка помещается между полюсами очень сильного постоянного магнита, причем она подвешивается таким образом, что может свободно поворачиваться вокруг своей оси. На верхней и нижней частях рамки закреплены стальные керны, удерживающие рамку в агатовых подшипниках, благодаря чему она может поворачиваться, почти не испытывая трения (рис. IV.11, слева). На катушке закреплен также легкий указатель — стрелка измерительного прибора, перемещающаяся относительно шкалы. Спиральная пружина стремится возвратить катушку и стрелку в нулевое положение на шкале.

Успокоение подвижной катушки. Подвижная катушка измерительного прибора располагается между полюсами подковообразного магнита, причем под небольшим углом к торцам полюсов. Как только ток начинает обтекать ка-

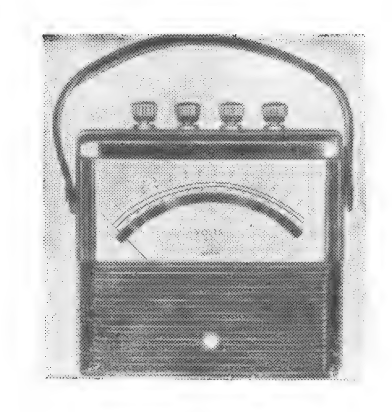


Рис. IV.13. Внешний вид вольтметра, в котором используется подвижная система и магнит (рис. IV 11 и IV.12).

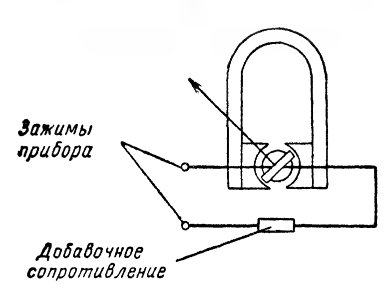


Рис. IV.14 Последовательно с подвижной катушкой измерительного прибора включается добавочное сопротивление Обычно это сопротивление монтируется внутри корпуса измерительного прибора.

тушку, она начинает поворачиваться между полюсами постоянного магнита. Угол поворота катушки определяется силой, с которой магнитное поле катушки взаимодействует с постоянным магнитом. Чем сильнее ток, проходящий через измерительный прибор, тем больше отклонение катушки и стрелки.

Поскольку подвижная катушка установлена на подшипниках, то при отклонении она может колебаться подобно маятнику. Для того чтобы предотвратить такие колебания катушки, применяют различные методы «успокоения» катушки. Наиболее удовлетворительным методом такого рода является метод, основанный на использовании короткозамкнутого витка — алюминиевой рамки. Если проволочная катушка прибора намотана на алюминиевую рамку, то при движении катушки в магнитном поле в рамке наводится электрический ток. Наводимый магнитным полем электрический ток в рамке имеет такое направление, что он создает свое магнитное поле, противодействующее движению катушки. Благодаря этому катушка быстро успокаивается. Для установки указателя измерительного прибора на нулевое деление шкалы используется приспособление, называемое регулятором установки нуля. Этим приспособлением пользуются до включения прибора в схему.

Вольтметр постоянного тока. Вольтметр подключается непосредственно к двум точкам схемы, между которыми измеряется напряжение (рис. IV.2). Поскольку

подвижная катушка обычно имеет небольшое число витков, то ее нельзя подключать непосредственно к источнику напряжения, так как в этом случае через нее пойдет слишком большой ток, и в результате этого катушка перегорит. Чтобы уменьшить ток и получить показания прибора в пределах его шкалы, последовательно с катушкой включается сопротивление (рис. IV.14). Это сопротивление увеличивает диапазон измерений вольтметра.

При измерении напряжения в большинстве электрических схем необходимо использовать вольтметр, который не будет сильно нагружать схему. Измерительный прибор, обладающий недостаточно большим сопротивлением, отбирает от схемы значительный ток, в результате чего снижается напряжение в схеме и. следовательно, прибор не покажет то напряжение, которое действует в схеме, когда он к ней не подключен. В связи с этим желательно применять вольтметры с большими добавочными (последовательными) сопротивлениями, поскольку тогда не будет нарушен обычный режим работы схемы.

Измерительный прибор переменного тока с подвижной катушкой. Если измерительный прибор постоянного тока с подвижной катушкой включить непосредственно в цепь переменного тока, то стрелка прибора будет лишь только вибрировать; так как переменный ток сначала протекает в одном направлении, а затем — в другом, причем смена направлений происходит быстро, то прибор не успевает реагировать на эти колебания.

Для измерения напряжения переменного тока низкой частоты можно использовать прибор постоянного тока совместно с устройством, называемым выпрямителем. Выпрямитель (см. § 29) превращает переменный ток в постоянный, так что данный измерительный прибор сможет работать в подходящих для него условиях.

Эффективные значения переменного тока и переменного напряжения. Как переменный ток, так и переменное напряжение меняют свою величину по мере того, как электронный поток нарастает от нуля до максимума, а затем снова спадает до нуля. Количество энергии, получаемой от переменного тока в единицу времени, отличается от количества энергии, получаемой от соответствующего постоянного тока. Постоянный ток обычно создает неизменное по величине напряжение, в то время как переменный ток непрерывно изменяет напряжение от нуля до максимального значения, а затем обратно до нуля.

В связи с этим возникает необходимость определения эффективного значения напряжения переменного тока.

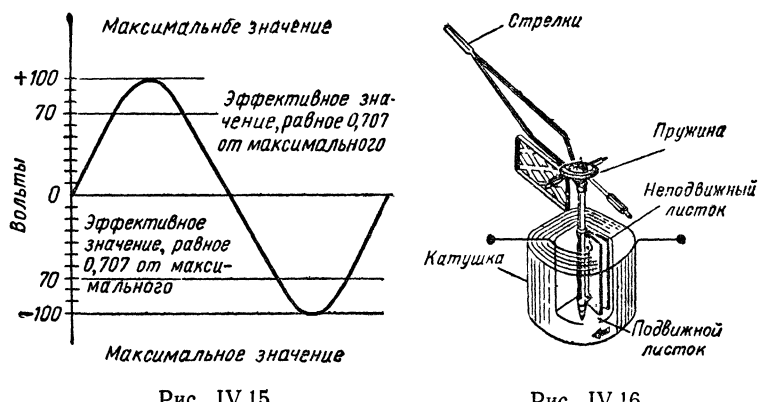


Рис. IV.15. Рис. IV.16.

Рис. IV.15. Кривая, показывающая изменение величины и направления переменного тока в течение одного периода, представляет собой синусоиду. На кривой указаны максимальное и эффективные значения напряжения, которые достигаются дважды в течение каждого периода.

Рис. IV.16. Измерительный прибор с подвижным листком. Когда катушка прибора обтекается током, между двумя стальными листками возникают силы отталкивания. Один листок неподвижен, а другой может вращаться вокруг своей оси. При прохождении через катушку тока подвижный листок отклоняется.

Расчеты показывают, что эффективное значение напряжения или тока в случае переменного тока равно 0,707 от максимального значения (рис. IV. 15). Измерительные приборы переменного тока проградуированы таким образом, что считываемые с них показания являются эффективными значениями измеряемого напряжения или тока. Это очень важно, т. к. эффективное напряжение позволяет определить величину вырабатываемой энергии.

Переменный ток с эффективным напряжением 100 *в* вырабатывает то же количество энергии, что и постоянный ток напряжением 100 *в*. Эффективное значение величины переменного тока эквивалентно такой величине постоянного тока, при которой вырабатывается такое же количество энергии, как и в первом случае. Измерительные приборы переменного тока обычно градуируются в эффективных значениях измеряемых величин.

Измерительный прибор с подвижным сердечником. Выше отмечалось, что измерительный прибор с подвижной катушкой работает только на постоянном токе. Для того чтобы можно было пользоваться таким прибором

на переменном токе, его необходимо снабдить выпрямительным устройством. Для измерения переменного тока низкой частоты обычно применяется прибор, получивший название измерительного прибора с подвижным сердечником. В данном измерительном приборе используется цилиндрическая катушка с двумя стальными сердечниками в виде листков (рис. IV.16). Такие приборы называют электромагнитными.

Один из листков неподвижен, а второй может поворачиваться вокруг своей оси. Подвижный листок соединен со стрелочным указателем прибора. Когда прибор подключен к схеме, по катушке проходит ток и стальные листки намагничиваются. Подвижный и неподвижный листки намагничиваются так, что их одноименные полюса располагаются одинаково: в верхней и нижней части листков. Поскольку одноименные полюса отталкиваются, подвижный листок поворачивается, и расстояние между ним и неподвижным листком возрастает. Одноименные полюса на листках располагаются друг против друга и в том случае, когда по катушке проходит переменный ток, так что стрелка указателя отклоняется. При отсутствии тока в катушке листки при помощи спиральной пружины удерживаются близко друг к другу.

Когда такой прибор применяется в качестве вольтметра, последовательно с его катушкой включается добавочное сопротивление, которое служит для увеличения диапазона измерений вольтметра.

ИНТЕРЕСНЫЕ САМОДЕЛКИ

1. Измерение напряжения постоянного тока

Возьмите аккумуляторную батарею и вольтметр постоянного тока со шкалой 0—15 *в*. Подсоедините к вольтметру два изолированных провода. Соедините положительный зажим вольтметра с положительным зажимом аккумуляторной батареи. Другой зажим вольтметра соедините с отрицательным зажимом батареи. Каково показание вольтметра? Что произойдет, если вы поменяете местами провода, подсоединенные к вольтметру? Измерьте напряжение каждого элемента батареи, подсоединяя провода, идущие от вольтметра, последовательно к зажимам каждого элемента. Каково напряжение отдельных элементов батареи?

2. Измерение напряжения в настенной штепсельной розетке

Возьмите вольтметр переменного тока со шкалой 0—250 *в*. Подсоедините к каждому зажиму вольтметра по изолированному проводу. Свободные концы проводов вставьте в штепсельную вилку и подсоедините их к ее штырькам. Убедитесь, что провода не касаются друг друга. Вставьте вилку в штепсельную розетку. Каково показание вольтметра?

3. Изготовление вольтметра с неоновой лампочкой

Материалы, необходимые для изготовления вольтметра:

Сопротивление 200 000 *ом*, 0,5 *вт*	1
Потенциометр 500 000 *ом* с ручкой управления	1
Неоновая лампочка типа МН-3	1
Изолированные проводники длиной по 8 *см*	2
Монтажный провод	1
Трубка из изоляционного материала длиной около 5 *см*	1
Диаметр трубки должен быть выбран с таким расчетом, чтобы в нее можно было вставить потенциометр	

Вырежьте кружок из картона такого же диаметра, как и трубка из изоляционного материала. Проделайте в центре этого картонного круга отверстие, достаточное для того, чтобы через него проходила ось потенциометра. Приклейте картонный круг к трубке. Вырежьте сбоку трубки небольшое продолговатое отверстие. Размеры этого отверстия должны быть такими, чтобы неоновая лампочка была бы достаточно хорошо видна через него и в то же время не могла выпасть через него.

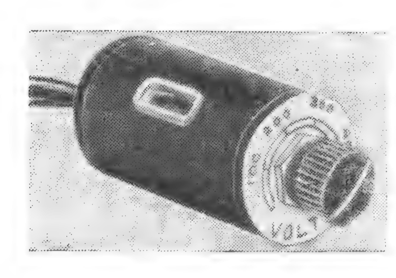


Рис. IV.17. Вольтметр с неоновой лампочкой.

Прежде чем поместить все детали в трубку, произведите пайку всех соединений, согласно рис. IV.18. Разместите все детали внутри трубки и установите потенциометр таким образом, чтобы его ось выступала через отверстие в картонном диске, прикрывающем один из концов трубки. Этот конец трубки можно закрыть

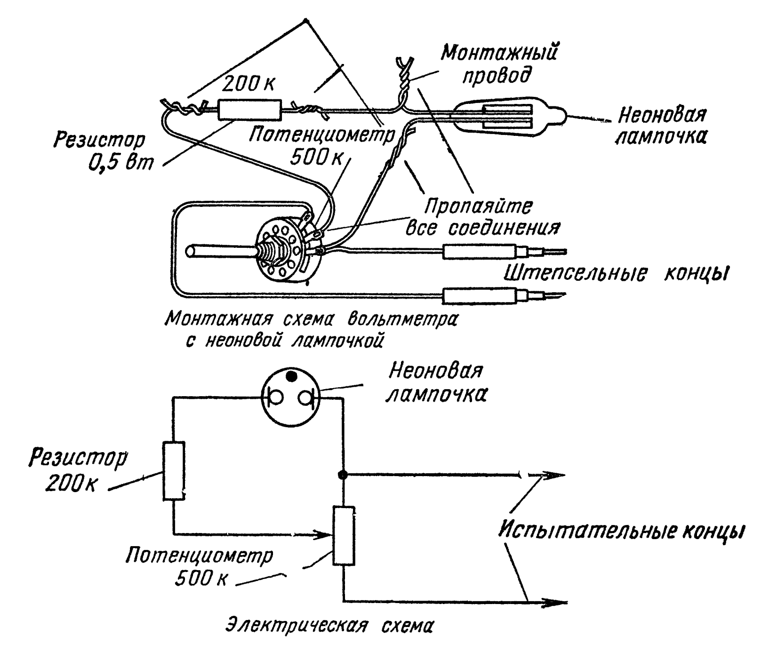


Рис. IV.18. Монтажная и электрическая схема вольтметра с неоновой лампочкой.

белой бумагой, так как здесь потребуется установить диск шкалы для калибровки вольтметра. На оси потенциометра нужно жестко закрепить ручку с белой чертой — указателем.

Прозрачным клеем приклейте неоновую лампочку к внутренней поверхности трубки так, чтобы лампа была видна через заранее проделанное отверстие в трубке.

Для калибровки вольтметра можно воспользоваться сухой батареей, предназначенной для анодного питания радиоприемника, или источником питания, создающим несколько различных напряжений. **При работе с вольтметром и источниками высокого напряжения** (сеть, выпрямители) **будьте внимательны, поскольку используемые напряжения достаточно высоки и могут вызвать сильный электрический удар.** При измерении напряжения важно избегать контакта с зажимами прибора. В случае использования 90-*в* батареи для анодного питания приемника подключите к ее зажимам два конца прибора. Установите ручку потенциометра в такое положение, при котором неоновая лампочка только начинает светиться.

Если лампочка продолжает светиться, когда концы нашего вольтметра подключены, поворачивайте ручку потенциометра до тех пор, пока свечение почти полностью не исчезнет. В соответствующей точке (где лампочка начинает гаснуть) сделайте черточку на шкале. Напишите над этой черточкой «90 вольт». Затем вставьте два испытательных конца (концы вольтметра) в настенную штепсельную розетку и отметьте это напряжение на диске шкалы. Напряжение в настенной штепсельной розетке обычно равно 127 *в*. Как и в случае подключения батареи анодного питания, ручку потенциометра нужно установить в такое положение, при котором свечение лампочки начинает исчезать. На диске шкалы таким же образом можно отметить и другие известные нам напряжения.

Контрольные вопросы

1. Что такое напряжение?
2. Поясните разницу между э. д. с. и напряжением.
3. Перечислите несколько различных устройств (приборов), способных создавать напряжение.
4. Какие величины напряжений обычно используются в быту?
5. Нарисуйте схему включения вольтметра для измерения напряжения или э. д. с.
6. Почему при использовании вольтметров переменного тока нет необходимости отмечать полярность зажимов, служащих для подключения прибора к схеме?
7. Как называется измерительный прибор, которым можно измерять и переменный, и постоянный ток, а также различные напряжения?
8. Перечислите важнейшие детали измерительного прибора с подвижной катушкой.
9. Почему необходимо применять «успокоение» в приборе с подвижной катушкой.
10. Почему последовательно с подвижной катушкой вольтметра необходимо включать сопротивление?
11. Какое устройство (прибор) необходимо использовать совместно с вольтметром, имеющим подвижную катушку, при измерении переменного тока?
12. Какую величину имеет эффективное значение напряжения переменного тока, если его максимальное значение равно 20 *в*?
13. Перечислите основные детали измерительного прибора с подвижным сердечником.

11. ИЗМЕРЕНИЕ ТОКА

Ток и поток электронов. Выше упоминалось, что электрическим током называется поток электронов. Если они движутся в одном и том же направлении, то мы

имеем дело с постоянным током. Переменный ток является потоком электронов, непрерывно изменяющим свое направление и величину.

Для того чтобы создать поток электронов, необходим источник тока, например генератор, создающий э. д. с. Электроны начинают свой путь от отрицательного полюса генератора, проходят через всю схему и возвращаются к положительному полюсу генератора.

Рассмотрим пример с цепочкой людей, участвующих в тушении пожара. Воду берут в колодце, и после того, как очередное ведро наполнено, люди, образующие цепочку, передают его из рук в руки. Последний, кто получает ведро, выливает воду в огонь. Пустое ведро он передает человеку, стоящему в другой такой же цепочке, и по ней пустое ведро возвращается к колодцу, где его снова наполняют. Ведра непрерывно передаются из рук в руки от колодца к огню и от огня обратно к колодцу. Это непрерывное движение ведер подобно потоку электронов, которые покидают источник тока и движутся через схему.

Поток электронов измеряется амперами. В городской водопроводной системе количество воды, протекающей через ту или иную трубу, обычно измеряют числом литров воды, проходящей через трубу в течение часа. Поток электронов, т. е. электрический ток, измеряется в единицах, называемых амперами, соответствующих количеству электронов, проходящих в цепи за 1 секунду. Электрон обладает очень маленьким зарядом, и, чтобы получить ток в один ампер за одну секунду, через цепь

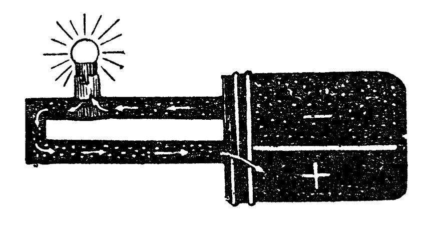


Рис. IV.19. Маленькими белыми точками изображены электроны. Стеклянный сосуд — батарея, причем отрицательная половина батареи содержит большое число электронов (белых точек). Электроны покидают батарею через отрицательный зажим, проходят далее через пластмассовую трубку и осветительную лампочку и возвращаются по трубке к положительной половине батареи. Этот поток электронов от отрицательного зажима через осветительную лампу и обратно к положительному зажиму вызывает свечение лампы. Поток электронов называют током. Как уже отмечалось, направлением тока принято считать направление противоположное направлению потока электронов.

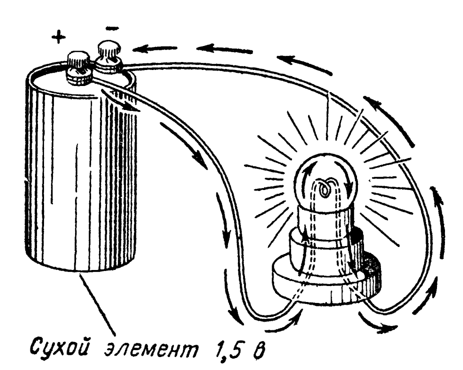


Рис. IV.20. Стрелками показано направление тока. Как мы уже знаем, оно противоположно направлению потока электронов, идущего от отрицательного зажима сухого элемента и далее по соединительным проводам к осветительной лампе, а от нее к положительному зажиму. Эта схема подобна схеме рис. IV.19.

должно пройти $6 \cdot 10^{18}$ электронов. Сокращенно ампер обозначается одной буквой *а*.

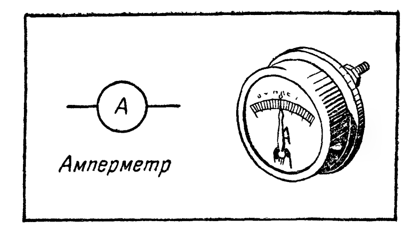
Использование амперметров. Амперметр служит для измерения тока. На всех амперметрах указано, могут ли они служить для измерений на переменном или постоянном токе. Этот прибор, как и вольтметр, должен соответствовать измеряемому току.

Для измерения тока амперметр включается в цепь, и через него проходит весь измеряемый ток, такой же, как и в остальной части цепи. Прежде чем подключить амперметр в схему, необходимо убедиться в том, что на нее не подается напряжение.

У большинства амперметров постоянного тока на одном зажиме изображен знак «+», на другом — знак «—». На амперметрах переменного тока полярность не указывается, поскольку такой прибор рассчитан на измерение тока, проходящего в обоих направлениях.

Измерения тока рекомендуется начинать при помощи сильноточного амперметра. Если ток, проходящий в схеме, недостаточен, чтобы сдвинуть стрелку настолько, насколько это необходимо для получения точного отсчета, то можно включить амперметр, рассчитанный на меньшую величину тока. Благодаря тому, что мы начинаем измерения сильноточным прибором, а потом заменяем его амперметром, рассчитанным на меньший ток, предотвращается возможность перегорания прибора.

Амперметр используется, например, в автомашинах, где он устанавливается на переднем щитке водителя. В данном случае он служит для того, чтобы показывать водителю, заряжается ли аккумулятор автомашины.



Условное обозначение амперметра.

Автомобильный амперметр имеет шкалу с нулем посередине; когда ток через прибор не проходит, стрелка находится в центре шкалы. Когда генератор заряжает аккумуляторную батарею автомашины, стрелка амперметра отклоняется вправо, а это указывает на то, что источником тока, питающего схему автомобиля, является генератор. Когда генератор перестает заряжать батарею, стрелка отклоняется влево. Это указывает водителю, что электроэнергию дает батарея, что обычно свидетельствует о том, что генератор автомашины не работает.

В некоторых цепях, например в радиосхемах, проходят очень небольшие токи. В этом случае необходимо использовать измерительные приборы, способные показывать тысячные доли ампера. Такие приборы называются миллиамперметрами (рис. IV. 23). Если миллиамперметр имеет шкалу от 0 до 300 *ма*, то это означает, что такой прибор способен показывать ток от нуля до трехсот тысячных долей ампера. Триста тысячных долей ампера равны трем десятым долям ампера ($\frac{300}{1000}a=\frac{3}{10}a=$ $=0{,}3a$).

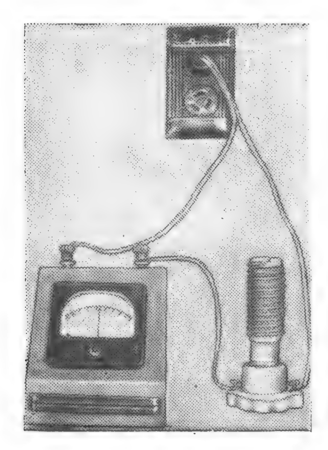


Рис IV.21. В штепсельную розетку сети переменного тока напряжением 127 *в* подключен нагревательный элемент. Обратите внимание на то, что один из проводов, идущих к нагревательному элементу, разорван и в разрыв цепи включен амперметр. Амперметр показывает, что через нагревательный элемент проходит ток величиной около 5 *а*.

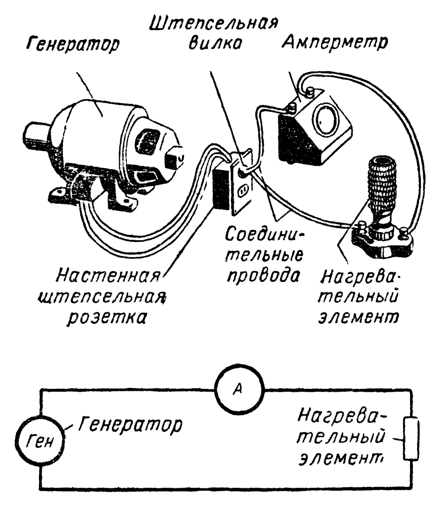


Рис. IV.22. На рисунке (вверху) изображена электрическая схема, детали которой показаны на рис. IV.21. Генератор создает напряжение, которое по двум проводам подводится к настенной штепсельной розетке. Когда нагревательный элемент с помощью штепселя подключается к генератору, в схеме начинает проходить электрический ток. Для измерения силы тока в разрыв одного из проводов включен амперметр. Внизу дана эта же схема; здесь генератор, амперметр и нагревательный элемент показаны при помощи условных обозначений.

Примерное потребление тока некоторыми электробытовыми приборами:

Швейная машина	0,8 *а*
Осветительная лампа накаливания (100 *вт*)	0,83 *а*
Радиоприемник	0,85 *а*
Холодильник	2,00 *а*
Телевизор	2,00 *а*
Стиральная машина	2,50 *а*
Электроутюг	6,60 *а*
Домашняя установка для кондиционирования воздуха	12,00 *а*

Конструкция амперметра. Конструкция амперметра в основном подобна конструкции вольтметра (см. предыдущий параграф). Как и в вольтметре, здесь используется подвижная катушка. Величина проходящего по ней тока определяется по отклонению стрелки. Некоторые амперметры вместо вращающейся катушки имеют подвижный сердечник. На рис. IV.24 и IV.25 показано устройство амперметра. Амперметр включается в электрическую цепь последовательно, таким образом, весь проходящий по ней ток проходит и через измерительный прибор. Амперметр должен обладать по возможности малым сопротивлением, чтобы при его включении в цепь величина проходящего по ней тока мало изменялась.

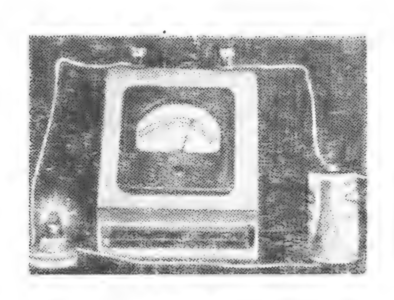


Рис. IV.23.

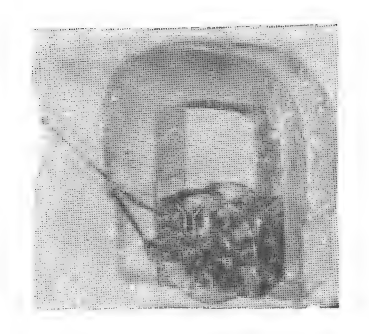


Рис. IV.24.

Рис. IV.23. Миллиамперметр показывает 185 *ма*. Такой ток проходит через 1,5-вольтовую осветительную лампочку, когда она подключается к элементу для электрического карманного фонарика.

Рис. IV.24. Общий вид подвижной системы амперметра с подвижной катушкой. В приборе используется подковообразный постоянный магнит. Подвижная катушка такая же, как и на рис. IV.11.

Если прибор обладает большим сопротивлением, то величина проходящего через него тока будет отличаться от тока в цепи при отсутствии амперметра, и показания прибора будут неточными.

Катушка в большинстве амперметров имеет очень небольшое сопротивление и может быть использована только при измерении малых токов, так как при более силь-

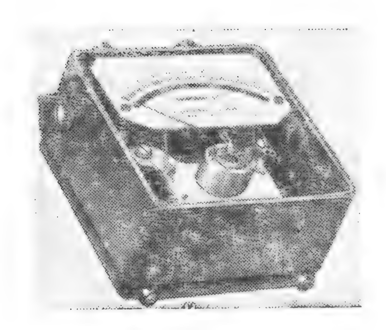


Рис. IV.25.

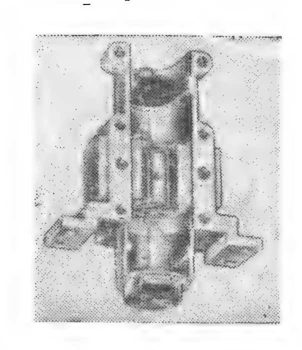


Рис. IV.26.

Рис. IV.25. Амперметр с удаленной лицевой панелью корпуса. В подвижной системе прибора используется магнит, охватывающий катушку со всех сторон.

Рис. IV.26. Подвижная система с катушкой (в разрезе), используемая в гальванометре. Гальванометром называется измерительный прибор, предназначенный для измерений очень малых токов.

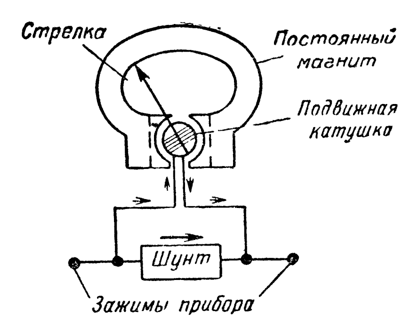


Рис. IV.27. В амперметре параллельно с подвижной катушкой включается шунт. Незначительная часть тока протекает через катушку прибора, а остальная часть тока проходит через шунт.

ных токах она может перегореть. Для уменьшения тока в катушке нельзя использовать последовательно включенное сопротивление, так как при этом амперметр будет обладать большим сопротивлением, что недопустимо.

Изменение пределов измерения тока. Для того чтобы предотвратить перегорание катушки и одновременно увеличить пределы измеряемого тока, между концами подвижной катушки включается сопротивление, называемое шунтом. Благодаря шунту через катушку протекает лишь небольшая часть измеряемого тока, в то же время остальная, значительно бóльшая часть тока протекает через шунт (рис. IV. 27). Таким образом, амперметр с шунтом представляет собой очень небольшое сопротивление для тока, проходящего в схеме, поэтому такой прибор правильно показывает величину измеряемого тока.

Про шунт, подключаемый между концами подвижной катушки прибора, говорят, что он включен параллельно катушке. Предел измерения амперметра можно изменить, если изменить величину сопротивления шунта. Если необходимо измерять очень большие токи, то параллельно катушке нужно включать совсем небольшое сопротивление. Включение этого небольшого шунта приводит к тому, что большая часть тока проходит через шунт и лишь небольшая — через катушку. Поскольку лишь небольшая доля тока проходит через катушку, для откло-

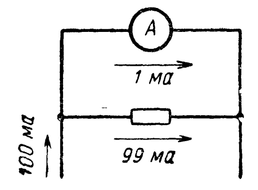


Рис. IV.28. Амперметр с подвижной системой, рассчитанной на 1 *ма*, включен в схему, через которую проходит ток 100 *ма*. Отклонение стрелки на всю шкалу в таком приборе можно получить тогда, когда через шунт протекает ток 99 *ма*, а через подвижную катушку всего 1 *ма*.

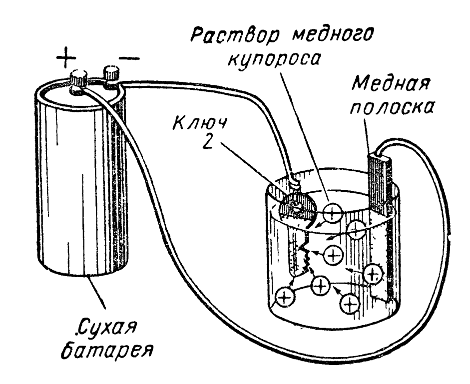


Рис. IV.29. Когда опущенные в медный купорос ключ и медная полоска подсоединены к сухому элементу, положительные частицы меди переходят в раствор и притягиваются отрицательно заряженным ключом. По мере того как ключ гальванически покрывается медью, медная полоска «тает».

нения стрелки прибора требуется больший ток, и, следовательно, пределы измерения прибора расширяются.

Для того чтобы измерять малые токи, нужно использовать в качестве шунта большое сопротивление. В случае применения такого шунта бо́льшая доля тока протекает через катушку, и поэтому измерительный прибор способен реагировать на меньшие токи.

Если, например, амперметр со шкалой, рассчитанной на 1 *ма* (0,001 *а*), т. е. такой амперметр, стрелка которого отклоняется на всю шкалу при токе 1 *ма*, включить в электрическую цепь с током 100 *ма* (0,1 *а*), то стрелка прибора отклонится за пределы шкалы до упора, а его подвижная катушка перегорит. Для того чтобы такой прибор можно было использовать в данном случае, параллельно его катушке необходимо включить шунт (рис. IV. 28). Шунт должен быть рассчитан так, чтобы максимальный ток, который может протекать через подвижную катушку прибора, соответствовал току, вызывающему отклонение стрелки прибора точно на всю шкалу. Остальная часть тока должна проходить через шунт.

Гальваническое покрытие. Через некоторые растворы химических соединений электроны движутся точно так же, как и через обычные проволочные проводники. Протекание тока через растворы используется для создания гальванических покрытий, наносимых на металлические детали, чтобы предохранить их от ржавчины или улучшить их внешний вид. Для нанесения покрытия этим способом наиболее часто пользуются такими материалами, как медь, никель, серебро, хром, цинк, кадмий и золото. Так, например, многие детали легковых автомашин покрыты слоем хрома.

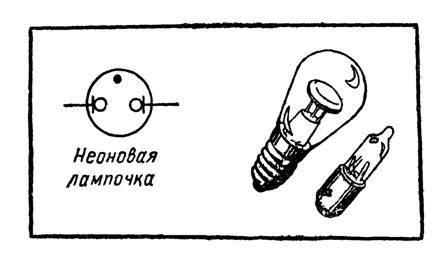
Растворы, используемые для получения покрытий, обычно изготовляются на основе раствора соли металла, такой, например, как сульфат меди (медный купорос), применяемый для нанесения медного покрытия, или сульфат никеля, применяемый для получения никелевого покрытия.

Деталь, на которую нужно нанести покрытие, опускается в электролитический раствор и соединяется с отрицательным зажимом электрического источника постоянного тока. Положительный зажим источника обычно соединяется с полоской металла, например медью, никелем или серебром, из которого образуется покрытие. Деталь, на которую должно быть нанесено покрытие, и полоска металла, из которого оно образуется, опускаются в раствор (рис. IV.29). Когда к этим двум металлическим деталям подключается источник постоянного тока, через раствор соли металла начинает проходить ток. В результате этого в растворе металлические частицы начинают двигаться к детали, на которую требуется нанести покрытие. Когда они достигают детали, на ней откладывается тонкий слой металла, который и является покрытием.

ИНТЕРЕСНЫЕ САМОДЕЛКИ

1. Использование неоновой лампочки в качестве индикатора переменного или постоянного тока

Возьмите неоновую лампочку на напряжение 125—150 *в*, а также патрон для этой лампочки. Подключите два провода (в разрыв одного из проводов желательно включить балластное сопротивление 100—200 *ком*), соединенные с зажимами патрона, к штепсель-



Условное обозначение неоновой лампочки.

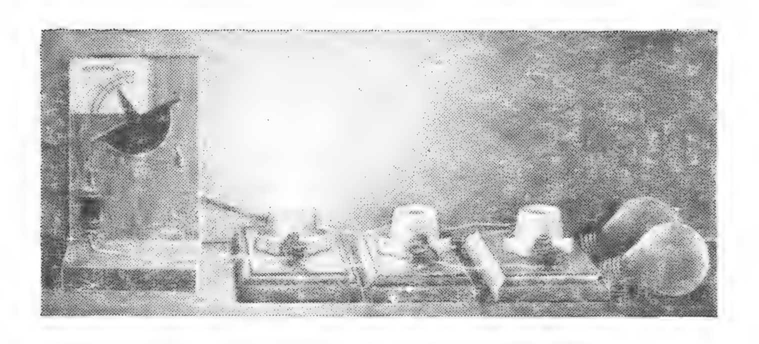


Рис. IV.30. Самодельный амперметр включен для измерения тока через осветительные лампы накаливания.

ной розетке сети переменного тока 127 *в*. Лампа сразу же засветится и оба электрода лампы начнут светиться. Обратите внимание, что от обоих электродов исходит слегка мерцающее свечение. Это мерцание объясняется колебаниями напряжения переменного тока. Теперь подключите два провода, идущие от патрона лампочки, к электрическому источнику постоянного тока. В качестве источника постоянного тока можно воспользоваться 90-*в* батареей анодного питания радиоприемника. Обратите внимание на то, что светится лишь один из электродов лампы. Поменяйте местами концы проводов, подсоединяемых к батарее. Что при этом происходит? Каким образом мы можем определить, какой ток протекает через лампу, переменный или постоянный?

2. Изготовление самодельного амперметра

Материалы, необходимые для изготовления самодельного амперметра.

Обмоточный провод ∅ 0,5 *мм*	15 *м*
Прокладки (шайбы) из фибры ∅ 18 *мм*	2
Трубка (из картона фибры или эбонита) с диаметром отверстия от 5 до 6 *мм* длиной 40 *мм*	1
Стрелка из жести 60×80 *мм*	1
Панель (задняя стенка) из фанеры 6×115×180 *мм* . .	1
Основание из дерева 18×76×115 *мм*	1
Якорь — цилиндрический стержень из мягкой стали ∅ 5 *мм* длиной 55 *мм* (якорь должен свободно проходить через трубку)	1
Зажимы с круглой головкой, шурупы.	

Изготовление амперметра. Просверлите отверстия в двух прокладках так, чтобы они плотно садились на трубку. Приклейте по одной прокладке на концы трубки. Намотайте на трубку 15 *м* обмоточного провода виток к витку.

Изготовьте подставку-держатель измерительного прибора, для чего к деревянному основанию прибейте гвоздями фанерную заднюю стенку. Разместите детали, как показано на рис. IV.31.

Вырежьте из жести стрелку-указатель, форма и размеры которой приведены на рис. IV.31. Пробейте с помощью гвоздя отверстие в центре стрелки. Чтобы стрелка не перекашивалась, с задней стороны стрелки необходимо припаять небольшую полоску жести. Длина этой полоски должна быть равна приблизительно 25 *мм*, а ширина 6 *мм*. Она припаивается как раз под отверстием в центре стрелки и изгибается так, как это показано на рисунке. В точке, расположенной против отверстия в центре стрелки, в полоске жести также пробивается отверстие такого же размера, так что гвоздь, которым крепится стрелка, будет проходить и через отверстие в небольшой жестяной полоске. Гвоздь выполняет роль оси и удерживает стрелку у задней стенки.

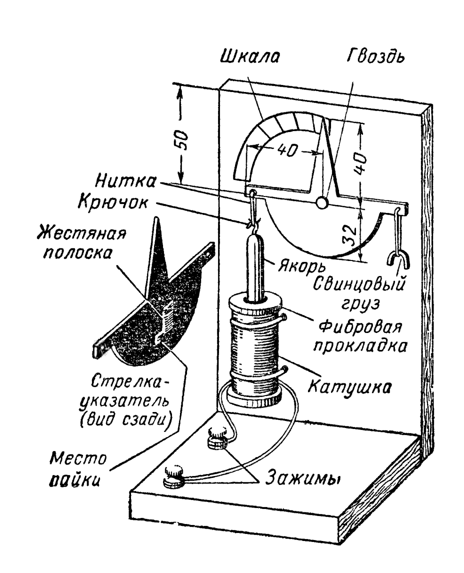


Рис. IV.31. Самодельный амперметр.

Катушка должна быть закреплена на задней стенке при помощи двух небольших кусков проволоки, из которых один прихватывает катушку сверху, а другой снизу. В фанерной стенке сверлятся четыре небольших отверстия, так что куски проволоки могут быть стянуты с обратной стороны фанерной стенки. Припаяйте концы двух проводов от катушки к двум кон-

тактным зажимам, установленным на деревянном основании.

Тщательно проверьте, чтобы якорь (диаметр 5 *мм* и длина 55 *мм*) свободно проходил через отверстие в катушке. Закрепите небольшой крючок на верхнем конце якоря. Это можно сделать, припаяв к якорю небольшой кусок медного провода. Затем стрелка-указатель и якорь связываются ниткой, причем ее длина выбирается так, чтобы якорь примерно на четверть своей длины заходил внутрь катушки, когда стрелка направлена вертикально вверх. Другой кусок нитки необходимо пропустить через отверстие на другой стороне стрелки. Здесь нитку связывают в петлю, на которую подвешивают дужку свинцового припоя. Вес этого кусочка припоя выбирается так, чтобы сбалансировать (уравновесить) вес якоря.

Калибровка прибора. Самодельный амперметр можно прокалибровать при помощи нескольких осветительных ламп накаливания известной мощности. Соедините параллельно три патрона для осветительных ламп. Амперметр должен быть включен в разрыв одного из двух проводов, идущих от патронов к штепсельной розетке электрической сети напряжением 127 *в*.

Возьмите три осветительные лампы — две по 25 *вт* и одну в 50 *вт*. Вверните в патрон 50-ваттную лампу. Лампа загорится и стрелка прибора сдвинется влево. Отметьте точку на шкале, против которой стрелка остановилась. Эта точка соответствует току величиной 0,41 *а*. Оставляя ввинченной 50-ваттную лампу, ввинтите во второй патрон 25-ваттную осветительную лампу. Стрелка прибора отклонится еще дальше влево. Прибор теперь показывает около 0,62 *а*, и можно отметить еще одну точку на шкале. Теперь ввинтите еще одну 25-ваттную лампу. Стрелка сдвинется опять, и ее новое положение будет соответствовать току 0,82 *а*. После этого амперметр можно использовать для выполнения необходимых измерений.

3. Нанесение медного покрытия

Наполните стеклянную банку емкостью 0,5 *л* раствором медного купороса. Опустите в раствор медную полоску шириной 25 *мм* и длиной около 100 *мм* и закрепите ее поближе у одной из сторон банки. У противоположной стороны банки поместите в раствор предмет,

на который вы хотите нанести медное покрытие, например кусок бронзы или какого-нибудь другого немагнитного материала. Воспользуйтесь сухим элементом и подключите его положительный зажим к полоске меди, а отрицательный — к предмету, на который вы хотите нанести покрытие. В схеме будет проходить ток, и начнется процесс нанесения покрытия. Через 15 *мин* можно вынуть из раствора предмет, на который наносилось покрытие.

Контрольные вопросы

1. В каких единицах измеряют величину тока?
2. В чем состоит различие между переменным и постоянным током?
3. Назовите прибор для измерения тока.
4. Нарисуйте схему, содержащую сухой элемент, соединенный с лампочкой, и покажите, куда нужно включить амперметр.
5. Объясните, почему следует отключать напряжение от схемы при подсоединении амперметра.
6. Что означает приставка милли?
7. Через цепь протекает ток величиной 0,150 *а*; какова будет его величина в миллиамперах?
8. Какой ток (переменный или постоянный) используется при гальваническом покрытии?

12. ИЗМЕРЕНИЕ СОПРОТИВЛЕНИЙ

Сопротивление. В электрической цепи имеются провода и ряд устройств, препятствующих прохождению тока, другими словами, каждая цепь обладает определенным сопротивлением для тока.

Электрическое сопротивление можно сравнить с трением, которое препятствует свободному перемещению движущихся предметов. Автомашины, мчащиеся по автостраде, преодолевают трение о воздух и между шинами и дорожным покрытием, лодка испытывает трение о воду и т. д. Во всех этих случаях трение замедляет движение.

Сопротивление электрической цепи является препятствием для потока электронов. Поэтому часть из них уменьшает скорость своего движения, и величина тока в цепи уменьшается. Чем больше сопротивление цепи, тем меньше в ней величина тока.

Сопротивление цепи можно повысить, если увеличить длину провода, используемого в ней, поскольку при этом удлиняется путь, который должен пройти поток элек-



Условное обозначение сопротивления (резистора).

тронов. Если взять провод с меньшим сечением, сопротивление также возрастет (при той же длине провода), так как при этом как бы сокращается ширина пути, по которому движутся электроны.

Почему в сопротивлении выделяется тепло. Электрические сопротивления (резисторы) находят широкое применение в различных устройствах. Они используются, например, в приборах для преобразования электрической энергии в тепловую. В электрической цепи электроны, двигаясь по проводам, сталкиваются друг с другом и с атомами вещества проводника. При этих столкновениях выделяется тепло.

Усилить тепловыделение при прохождении электрического тока через проводник можно, увеличив ток в нем. Это может быть сделано путем повышения напряжения, действующего в цепи. Чем больше поток электронов, тем больше столкновений между электронами и атомами и тем больше тепловыделение.

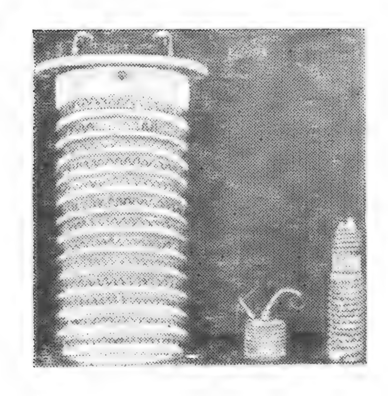


Рис. IV.32. Образцы трех различных нагревательных элементов. Наиболее крупный элемент (слева) используется в настенном комнатном отопительном приборе; небольшой элемент (в центре) — в электрическом кофейнике; средний по величине элемент (справа) — в электрическом рефлекторе, предназначенном для отопления жилых помещений. Во всех этих элементах использована нихромовая проволока, намотанная на керамическое основание.

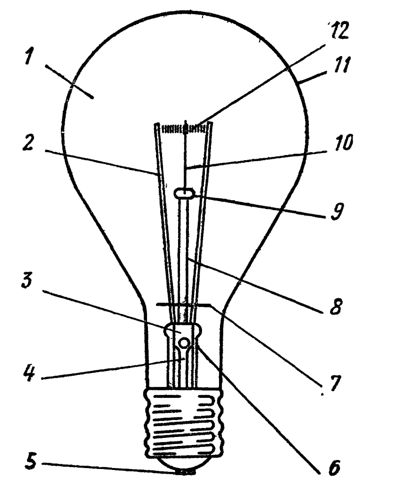
1 — **Газ** — откачанная лампа обычно заполняется инертными газами, замедляющими испарение нити накала. В большинстве ламп мощностью от 40 *вт* и выше используется смесь азота и аргона.

2 — **Выводы лампы** (электроды) изготовляются из меди на участке от цоколя до места впая в стеклянную ножку и из никеля от места впая до нити накала; подводят ток к нити.

3 — **Спрессованная стеклянная ножка** — здесь находится воздухонепроницаемый (герметичный) впай металлических выводов лампы в стеклянную ножку. Вывод на участке впая — из платинита, представляющего собой проволоку с сердечником из железо-никелевого сплава и внешней оболочкой из меди. Проводник из такого материала имеет тот же коэффициент теплового расширения, что и стекло ножки.

4 — **Штенгель** — полая стеклянная трубка, через которую в процессе изготовления лампы из колбы откачивается воздух и в нее вводятся инертные газы. При изготовлении лампы штенгель выступает за пределы колбы. После откачки и заполнения колбы инертным газом штенгель отпаивается и его короткий отросток закрывается цоколем.

12 — **Нить накала** может иметь вид простой нити, спирали или спирали малого диаметра, свернутой в спираль сравнительно большого диаметра и т. п.



5 — **Цоколь** — типичный цоколь винтового типа. Один из выводов лампы припаивается к центральному контакту цоколя, а другой — к верхнему краю корпуса цоколя.

11 — **Стеклянная колба** — ее материалом обычно служит легкоплавкое стекло. Тугоплавкое стекло применяется только в таких лампах, колбы которых должны выдерживать повышенную температуру, и в лампах, используемых на открытом воздухе в тяжелых метеорологических условиях. Колбы могут иметь различную форму и размер.

10 — **Крючки** из молибденовой проволоки поддерживают нить накала (спираль).

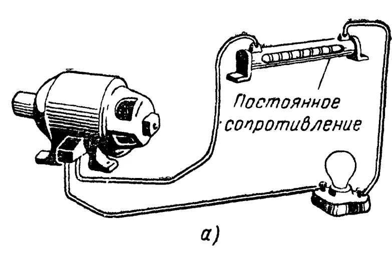
9 — **Утолщенный конец штабика** — в процессе изготовления его конец нагревается и в расплавленное стекло вставляются поддерживающие крючки.

8 — **Стеклянный штабик** — в его утолщенный конец вставляются крючки

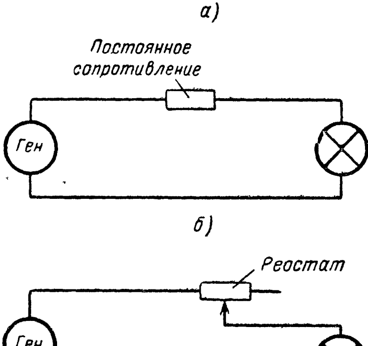
7 — **Слюдяной диск** используется в лампах накаливания универсального назначения. имеющих повышенную мощность, и в лампах других типов, где требуется уменьшить циркуляцию горячих газов в горловине колбы.

6 — **Предохранитель** защищает цепь питания лампы, расплавляясь в том случае, если между витками спирали или участками нити возникает дуга.

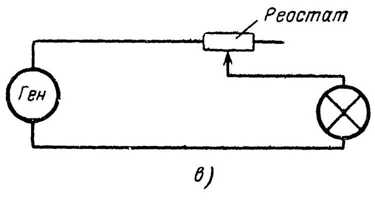
Рис. IV.33. Электрическая лампа накаливания. Ее нить накала излучает свет, когда по ней проходит ток.



а)



б)



в)

Рис. IV.34. Сопротивление в схеме уменьшает ток, протекающий через осветительную лампу:

а — общий вид схемы; *б* — электрическая схема; *в* — схема с реостатом для регулирования яркости лампы.



Стрелка на условном обозначении сопротивления указывает на то, что это сопротивление является переменным.

Всем хорошо известны многие типы бытовых электронагревательных приборов, например электрические плиты, водонагреватели, утюги и электрические грелки. В таких бытовых приборах для получения тепла используется проволока из материала с высоким сопротивлением (рис. IV.32). В качестве такого материала служит нихром. Нихром представляет собой сплав никеля с хромом. Высокое сопротивление в сочетании со способностью не расплавляться при очень высокой температуре делает нихром идеальным материалом для нагревательного элемента.

В осветительной электрической лампе, называемой лампой накаливания, электронагрев используется для получения света. Внутри такой лампы, в ее стеклянной колбе, находится проволочка, называемая нитью накала. Эта нить накала изготовляется из материала с высоким сопротивлением. Обычно таким материалом служит вольфрам. Когда электронный поток

проходит по вольфрамовой нити, в результате столкновений между электронами и атомами выделяется тепло. Это тепло столь велико, что нить раскаляется добела и начинает излучать свет. Для того чтобы нить не перегорала, ее помещают в колбу, из которой откачан воздух. Вместо воздуха ее заполняют инертным газом. Благодаря этому раскаленная нить долго не перегорает.

Сопротивление, используемое для регулирования величины тока и изменения напряжения. Часто оказывается желательным иметь возможность регулировать количество электроэнергии, потребляемой прибором. Такое регулирование, например, необходимо в осветительной системе, применяемой в зале театра, где необходимо гасить свет постепенно. Если ток, проходящий через осветительные лампы, уменьшается, то свечение этих ламп становится более тусклым. Для уменьшения тока в цепи в нее вводят большее сопротивление из нихромовой проволоки. Сопротивление включается так, как показано на рис. IV.34, *б* и, следовательно, один и тот же ток протекает через сопротивление и осветительную лампу. Благодаря введению сопротивления величина тока, проходящего через лампу, уменьшается. Свет лампы становится более тусклым. В данном случае напряжение, поступающее на лампу, уменьшается сопротивлением. Для изменения яркости света обычно используют переменное сопротивление, называемое реостатом.

В реостате имеется подвижный контакт, позволяющий изменять величину сопротивления, вводимого в схему (рис. IV.35 и IV.36). Когда подвижный контакт устанавливается в крайнее левое положение (рис. IV.34), к лампе прикладывается все напряжение и она горит ярко. Когда подвижный контакт перемещается вправо по часовой стрелке, величина сопротивления, вводимого в схему, возрастает и свет лампы становится более тусклым.

Реостаты используются для регулирования скорости вращения электродвигателей. Скорость вращения электрической швейной машины можно изменять при помощи переменного сопротивления, подвижный контакт которого можно перемещать ступней или коленом ноги. Когда мы нажимаем ногой на педаль реостата, величина его сопротивления уменьшается и в результате этого на двигатель подается большее напряжение, при этом скорость его вращения увеличивается.

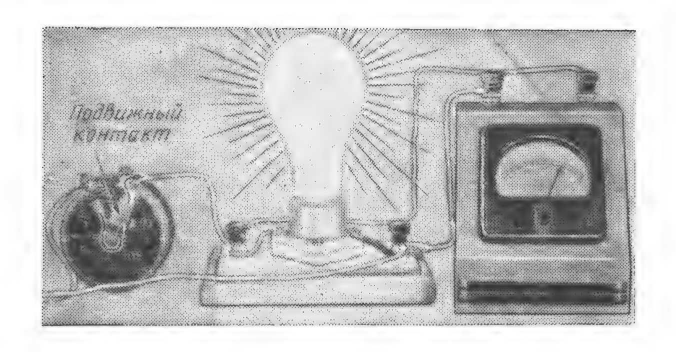


Рис. IV.35. Лампа горит ярко, так как сопротивление реостата в данном положении его подвижного контакта равно нулю и ток проходит только через лампу. Вольтметр, подключенный параллельно лампе, показывает 117 *в*.

Измерение сопротивлений. Величину сопротивления измеряют в единицах, называемых омами. Некоторые электрические цепи имеют сопротивление всего в несколько ом, сопротивление других цепей может достигать миллионов ом. Сопротивлением обладают все соединительные проводники электрических приборов.

В тех случаях, когда через постоянные сопротивления необходимо пропускать очень большие токи, они изготовляются из нихромовой проволоки. Если через схе-

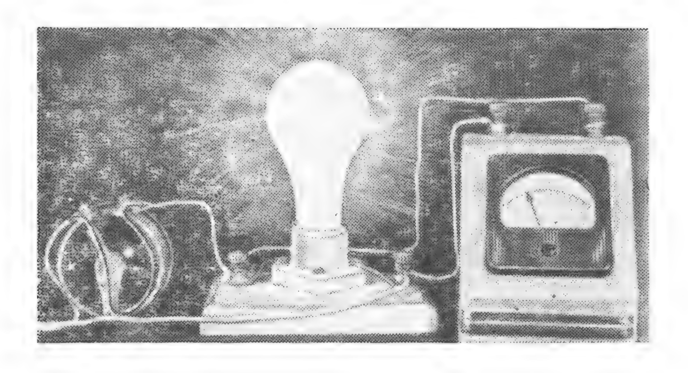
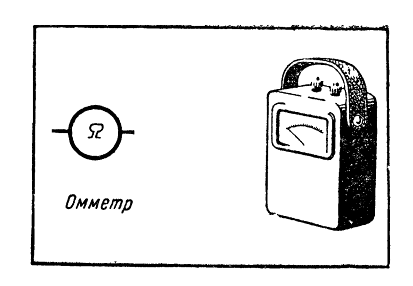


Рис. IV.36. Подвижный контакт реостата установлен так, что ток проходит через лампу и через часть обмотки реостата. Сопротивление реостата снижает напряжение на лампе до 60 *в*. Яркость свечения лампы при этом уменьшается.



Условное обозначение прибора для измерения сопротивлений в омах.

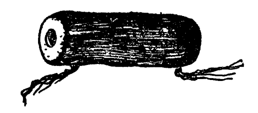


Рис. IV.37. Постоянное сопротивление.

му проходит очень слабый ток, такой, например, как во многих радиосхемах, используются постоянные сопротивления. Переменные сопротивления изготовляются также либо из нихромовой проволоки, либо из других материалов, в зависимости от того, на какой ток они должны быть рассчитаны.

Сопротивление можно измерять при помощи измерительного прибора — омметра. Некоторые универсальные приборы, служащие для измерения тока и напряжения, могут быть также использованы в качестве омметров. Очень точный прибор, предназначенный для измерения сопротивления, называется мостиком Уитстона.

При измерении сопротивления с помощью омметра надо убедиться в том, что от схемы отключено напряжение. В противном случае можно повредить омметр. Сопротивления нагревательных приборов определить при помощи омметра точно нельзя. Когда проволока нагревается, ее сопротивление возрастает и сопротивление электрической цепи увеличивается. Чтобы определить сопротивление цепи, пользуются законом Ома (§ 14). Внешний вид одного из типов сопротивлений показан на рис. IV.37.

ИНТЕРЕСНЫЕ САМОДЕЛКИ

Изготовление самодельного омметра

Материалы, необходимые для изготовления омметра:

Провод медный, эмалированный ∅ 0,5 *мм*	25 *м*
Картонная трубка с внутренним ∅ около 40 *мм* длиной 50 *мм*	1
Деревянное основание 10×75×130 *мм*	1
Стрелка из листовой латуни 65×3 *мм*	1
Кусок полотна пилы 5×35 *мм*	1
Кусок листовой латуни 12×45 *мм*	1
Кусок листовой латуни 15×40 *мм*	1

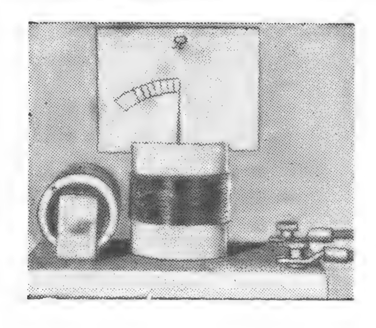


Рис. IV.38. Самодельный омметр.

Изготовление. Вырежьте из листовой латуни полоски, которые используются в качестве подшипников для оси стрелки, и согните их, как показано на рис. IV.39. Пробейте по отверстию посередине каждой полоски-подшипника вблизи нижнего конца. Прикрепите подшипники на расстоянии 12 *мм* друг от друга винтами к деревянному основанию. Вырежьте из латуни стрелку такой формы, которая изображена на рисунке.

Возьмите стальной стержень и отрежьте от него кусок длиной чуть больше расстояния между подшипниками и заострите его концы так, чтобы он мог свободно вращаться в подшипниках стрелки. Просверлите в латунной стрелке отверстие диаметром, равным диаметру стального стержня, на расстоянии 18 *мм* от тупого конца. Просверлите такое же отверстие в куске полотна пилы. Закалите кусок полотна пилы, для этого сначала нагрейте его на огне в пламени горелки до вишневого свечения, а затем опустите в воду. Припаяйте стрелку измерительного прибора и кусок полотна пилы к стальному стержню. Обе эти детали должны находиться под прямым углом к стержню. К нижнему (тупому) концу стрелки припаяйте виток припоя.

Вставьте стрелку в отверстия подшипников так, чтобы концы стержня опирались на них, и проверьте, хорошо ли стрелка сбалансирована. Стрелка должна свободно вра-

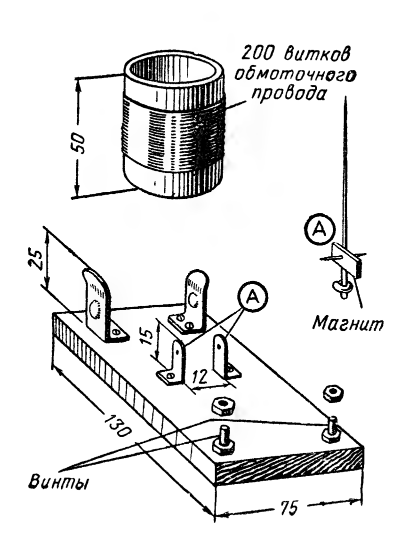


Рис. IV.39. Детали самодельного омметра.

щаться в подшипниках и останавливаться в таком положении, когда она направлена точно вверх. Если она будет останавливаться в другом положении, то необходимо слегка сточить один из концов куска полотна пилы. Это можно сделать напильником или на шлифовальном кругу. Делать это следует осторожно, так как закаленная сталь хрупка и легко колется. После того как стрелка уравновешена, кусок полотна пилы необходимо намагнитить, прикасаясь к нему магнитом.

Намотайте в средней части картонной трубки примерно 200 витков обмоточного провода. Просверлите два небольших отверстия в деревянном основании, через которые выведите концы провода от катушки, а затем приклейте катушку к основанию. Убедитесь, что концы куска полотна пилы не касаются внутренних стенок катушки при отклонении стрелки от нормального положения.

Возьмите два куска листовой латуни, вырежьте из них держатели для сухого элемента от карманного электрического фонарика и закрепите их на деревянном основании так, как это показано на рисунке. Ввинтите у края деревянного основания два винта, которые будут служить зажимами. Соедините куском провода, проложенного на нижней стороне основания, один из держателей сухого элемента с одним из концов катушки. Другой держатель сухого элемента соедините с одним из зажимов, установленных у края основания. Соедините другой конец катушки со вторым зажимом. Прикрепите к верхней части катушки кусок белого картона. Он будет служить шкалой измерительного прибора. Подключите к зажимам прибора два гибких провода, которые будут использованы в качестве испытательных концов. Теперь прибор готов для градуировки.

Градуировка прибора. Вставьте сухой элемент в держатели и соедините свободные концы гибких проводов, подключенных к зажимам. Стрелка прибора в этом случае отклонится в крайнее правое или крайнее левое положение, что определяется тем, каким образом сухой элемент установлен в держателе. Такое крайнее положение называется «нулевым» и должно быть отмечено на картонной шкале цифрой «0». Возьмите лампу мощностью 60 *вт* и коснитесь ее контактов на цоколе испытательными концами прибора. Стрелка прибора отклонится от центрального положения и установится

в некотором положении недалеко от «0». Поскольку сопротивление 60-ваттной лампы в холодном состоянии равно примерно 20 *ом*, напишите на шкале над этим положением стрелки число 20. Другие цифры на шкале при градуировке прибора можно получить, используя лампы другой мощности, а также различные электробытовые приборы. Так, 25-ваттная лампа в холодном состоянии имеет сопротивление порядка 50 *ом*, в то время как сопротивление 100-ваттной лампы в холодном состоянии составляет всего около 10 *ом*. Сопротивление спирального нагревательного элемента, применяемого в рефлекторе, в холодном состоянии равно около 20 *ом*.

Контрольные вопросы

1. Что такое сопротивление?
2. Как изменится сопротивление электрической цепи, если провод большого диаметра заменить проводом меньшего диаметра?
3. Почему в сопротивлении выделяется тепло?
4. Назовите материал, используемый в нагревательных элементах.
5. Почему нить накала осветительной лампы должна находиться в вакууме или в инертном газе?
6. Как называется переменное сопротивление?
7. В каких единицах измеряются сопротивления?
8. Объясните, что происходит с сопротивлением нагревательного элемента при включении тока?

13. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОВОДНИКОВ И ИЗОЛЯТОРОВ

Обычные проводники. Провода служат путями, по которым проходит ток. Они называются проводниками. Проводники обычно изготовляют из металла, поскольку большинство металлов не оказывает значительного сопротивления потоку электронов. Проводниками являются и некоторые жидкости, однако они используются только в ряде случаев, например в качестве электролита в аккумуляторных батареях и для электропокрытия.

Некоторые металлы обладают бо́льшим сопротивлением, чем другие. Медь является одним из металлов с низким сопротивлением. Серебро обладает несколько меньшим сопротивлением, чем медь, однако ввиду того, что оно значительно дороже меди, используется ограниченно. Почти во всех схемах в качестве проводников применяются медные провода, поскольку медь является

превосходным проводником, имеется в достаточном количестве и стоит сравнительно недорого.

Сопротивление алюминия выше, чем меди, однако он часто используется в тех случаях, когда важное значение имеет его малый вес. В линиях электропередачи, которые служат для передачи электрической энергии на большие расстояния, иногда используются алюминиевые провода, что позволяет уменьшить вес подвешиваемого к опорам провода.

Поскольку все металлы являются проводниками, в ряде случаев для специальных нужд можно пользоваться различными металлами. Эти металлы и некоторые примеры их применения перечислены ниже. Они приведены в порядке возрастания их сопротивления, и первым в их ряду стоит серебро, имеющее наименьшее сопротивление, а последним — уголь (в этом ряду он является единственным неметаллом), имеющий наибольшее сопротивление:

Проводники	Типичные применения
Серебро	Контакты выключателей для электрических цепей
Медь	Электрические проводники всех типов
Золото	Лепестки электроскопа
Алюминий	Проводники со сниженным весом
Вольфрам	Нити накала осветительных и радиоламп
Цинк	В настенных штепсельных розетках и в различных незащищенных электрических соединениях
Никель	Радиолампы
Олово	Припой
Сталь	В телефонных и телеграфных линиях
Свинец	Припой и пластины аккумуляторных батарей
Ртуть	Выключатели (ртутное реле)
Нихром	Нагревательные элементы, реостаты
Уголь	Дуговые лампы и щетки электродвигателей

Использование проводов различного диаметра. Выше отмечалось, что проводники большого диаметра имеют меньшее сопротивление, чем проводники малого диаметра, поскольку при большем диаметре проводника у электронов больше свободы для перемещения. Длинные проводники имеют большее сопротивление, чем короткие (того же диаметра), поскольку в длинных проводниках электронам приходится проделывать больший путь.

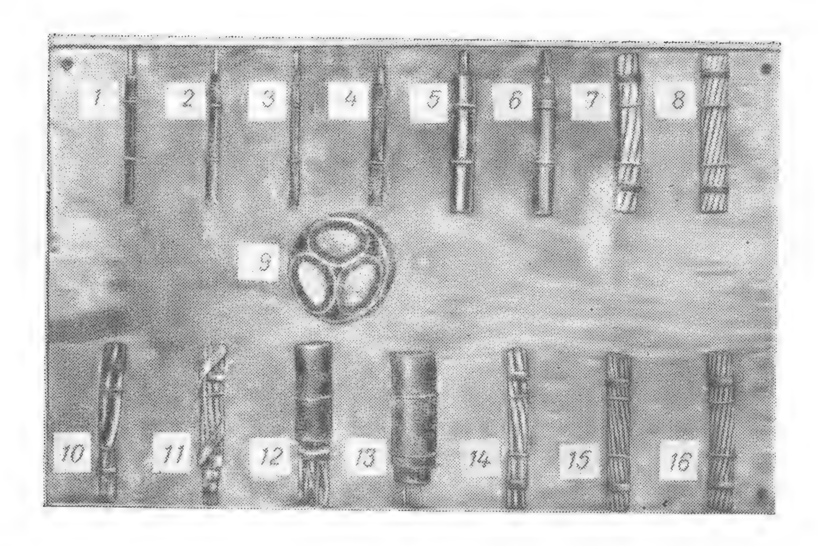


Рис. IV.40. Для распределительной электрической сети промышленность выпускает различные провода и кабели. Выбор того или иного типа провода или кабеля зависит от условий, в которых он должен использоваться.

1 — алюминиевый провод с неопреновой оболочкой; *2* — алюминиевый провод; *3*, *4* — провод медный многожильный с влагостойкой оболочкой; *5* — кабель маслополный на 5 *кв* с многожильным медным проводником в неопреновой оболочке; *6* — кабель освинцованный одножильный с бумажной изоляцией на 1 *кв*; *7* — многожильный алюминиевый провод без изоляции; *8* — многожильный алюминиевый провод, *9* — кабель связи с неопреновой изоляцией; *10* — кабель связи с медными проводниками и неопреновой изоляцией; *11* — кабель связи с бумажной изоляцией в свинцовой оболочке; *12* — освинцованный кабель 3-фазный с бумажной изоляцией на 15 *кв*, межфазными экранами из металлической ленты и внешней оболочкой из армированного неопрена; *13* — кабель многожильный однофазный с двуслойной изоляцией из околита и окопрена; *14*, *15* — медный многожильный провод без изоляции; *16* — медный многожильный провод из полых проводников без изоляции.

Поскольку сопротивление уменьшает величину электрического тока в цепи, обычно стремятся использовать проводники с минимальным сопротивлением.

Правильный выбор диаметра провода, используемого в той или иной схеме, предотвращает ненужные потери электроэнергии и излишний нагрев проводов. Если диаметр провода в схеме мал для тока, который в ней протекает, в нем выделяется много тепла. Это тепло может вызвать пожар. В электрических приборах и во внутриквартирной электропроводке используются провода такого диаметра, при котором не происходит заметного нагрева проводов током. Очень важно знать, какой ве-

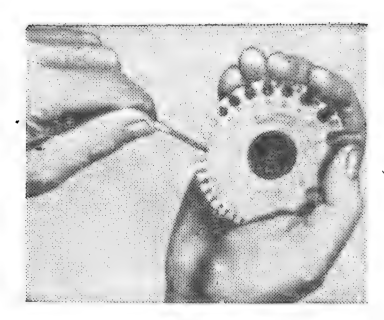


Рис. IV.41. Использование диска с калиброванными прорезями для определения диаметра провода. В прорези поочередно вставляется провод. Диаметр определяется по надписи у той прорези, в которую еще проходит провод. Круглое отверстие за прорезью дает возможность легко вытащить провод из диска.

личины ток протекает в схеме, чтобы выбрать для нее провод нужного диаметра.

В проводках применяются как одножильные, так и многожильные провода. Одножильные провода обычно применяются во внутриквартирной электропроводке и там, где нет необходимости перемещать провода. Многожильные провода изготовляются из скрученных вместе отдельных проволочек малого диаметра. Использование нескольких скрученных проволочек позволяет изготовить очень гибкие провода. Все провода большого диаметра, предназначенные для линий электропередач, являются многожильными. Электрические шнуры для электробытовых приборов, а также всевозможные удлинительные шнуры выполняются из многожильного провода, так что эти шнуры можно без опасения перемещать и сворачивать. Ниже указаны диаметры некоторых проводов и приведены примеры их применения.

Диаметр провода	Пример применения
2,5—5 *мм*	Электрический ввод в жилой дом, рассчитанный на осветительную и силовую нагрузку
1,6—2 *мм*	Внутриквартирная электропроводка
1,0—1,3 *мм*	Осветительные устройства
0,8—1,0 *мм*	Телефонный провод, радиосхемы
0,5—0,8 *мм*	Обмотки электродвигателей и звонков
0,25—0,5 *мм*	Катушки индуктивности радиоприборов, обмотки небольших электродвигателей

Назначение изоляторов. Материалы, препятствующие прохождению электрического тока, называются изоляторами. Изоляторы обычно являются неметаллами. В электрических схемах изоляторы играют столь же

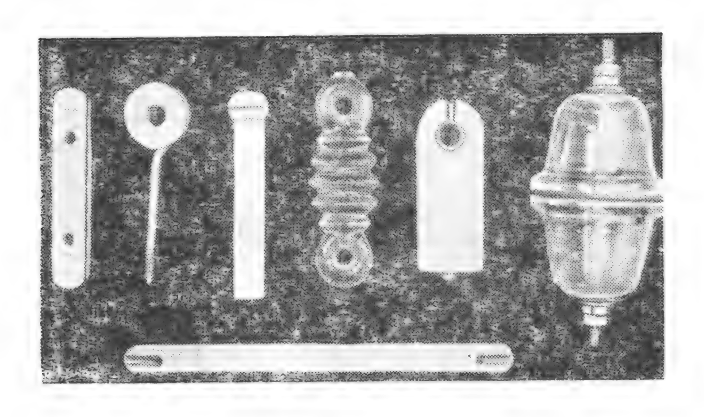


Рис. IV.42. Некоторые типы специально сконструированных изоляторов, предназначенных для различных устройств.

важную роль, как и проводники. Проводники создают для потока электронов определенный путь; изоляторы применяются для того, чтобы не допустить поток электронов туда, где он нежелателен. Изоляция необходима для большинства проводов для того, чтобы избежать короткого замыкания или нежелательного соединения между проводами. Короткие замыкания возникают, когда неизолированные провода или голые контакты касаются друг друга так, что образуется нежелательная цепь, через которую может проходить ток.

Провода, используемые во внутриквартирных электрических цепях, покрыты изоляцией, так что их можно размещать в непосредственной близости друг от друга без опасения, что это может вызвать короткое замыкание. Если изоляция проводов нарушится и оголенные участки проводов коснуться друг друга, то короткое замыкание неизбежно. Большинство проводов имеют изоляцию из эмали, хлопчатобумажной оплетки, резины или пластика. Тип материала, выбираемого в качестве изоляции провода, зависит от того, где этот провод будет использоваться. Особо надежная изоляция необходима для проводов, которые могут касаться других предметов или по которым передается высокое напряжение. Хорошая изоляция необходима также для защиты людей от случайного контакта с электрическими цепями. Все выключатели должны быть тщательно изолированы, чтобы человек, производящий включение

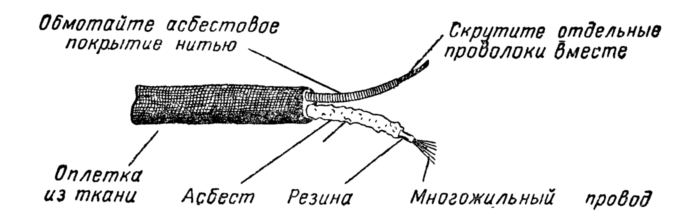


Рис. IV.43. На рисунке показана асбестовая изоляция проводов шнура электронагревательного прибора. Каждый провод обернут асбестовым шнуром, который не горит. Пояснено, каким образом можно отремонтировать такой шнур.

или выключение, не получал при этом электрического удара. Настенные штепсельные розетки изолируются таким образом, чтобы исключить возможность удара на случай, если кто-нибудь коснется розетки.

Типы изоляторов. Существует много типов различных изоляторов. Каждый из них имеет свое назначение. Воздух является хорошим изолятором и используется в тех электрических установках, которые могут занимать значительное пространство и располагаются так, что люди не могут их касаться. Воздух, например, играет роль изоляции между проводами, которые на значительном расстоянии от земли подвешены к опорам линии электропередач.

В устройствах, где действует очень высокое напряжение, должны быть хорошие изоляторы. Высокое напряжение может вызвать разряды между различными частями схемы, подобные молнии. В высоковольтных линиях электропередачи используются большие стеклянные или керамические изоляторы, которые подвешиваются на опорах, поддерживающих провода. Эти изоляторы предотвращают стекание электричества через опоры на землю. Опоры линий электропередач могут изготовляться из дерева. Если оно отсыреет, то становится проводником.

В электрических схемах, работающих при повышенных температурах, в качестве изоляции применяются асбест, керамика и слюда. Электрические шнуры, подводящие ток к нагревательным элементам, таким, например, которые используются в электроутюге, обычно изолируются асбестом, защищенным сверху хлопчатобумажной оплеткой. Асбест не горит и является хорошим изо-

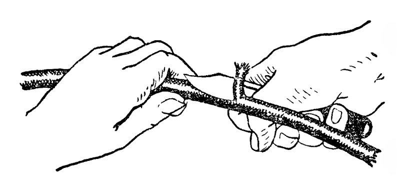


Рис. IV.44

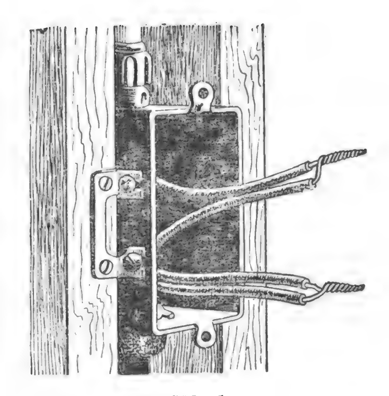


Рис. IV.45.

Рис. IV.44. При удалении изоляции с провода пользуйтесь достаточно острым ножом. Лучше срезать изоляцию под углом, равным примерно 30°. Не следует надрезать провод острием ножа. Это получается, когда его держат под прямым углом к проводу. Обычно в таком случае на проводе остается канавка или зарубка, и при сгибе в этом месте провод легко ломается. Старайтесь пользоваться специальным инструментом для удаления изоляции.

Рис. IV.45. Скрутка «хвостиком» используется, когда необходимо соединить два провода. Скрутка обычно помещается в соединительную коробку. Перед тем как закрыть коробку, соединения необходимо хорошо пропаять и затем обмотать изоляционной лентой.

лятором (рис. IV. 43). Слюда и керамика применяются в качестве основы для обмоток нагревательных элементов, например электроутюгов и т. п. Оба эти материала являются хорошими изоляторами и способны выдержать весьма значительный нагрев, не воспламеняясь и не расплавляясь.

В высокочастотных радиосхемах необходимы изоляторы специальных типов. Высокочастотные колебания способны вызвать поток электронов через изоляторы некоторых типов. Нередко в высокочастотных цепях в качестве изоляторов применяются стеатит (радиофарфор) и полистирол.

Ниже перечислены наиболее распространенные изоляторы и указаны наиболее характерные примеры их применения.

Изолятор	Примеры использования
Бумага	Изоляция витков в трансформаторах и электродвигателях
Эмаль	Покрытие обмоточных проводов
Слюда	В качестве диэлектрического наполнения конденсаторов радиосхем

Резина	Покрытие проводов
Бакелит	Корпуса штепсельных розеток и выключателей
Керамика	Нагревательные элементы, линии электропередачи
Пластик	Покрытие проводов
Стеатит	Телевизионные и радиосхемы
Масло	Трансформаторы и конденсаторы

ИНТЕРЕСНЫЕ САМОДЕЛКИ

1. Как выполнить скрутку «хвостиком»

Оголите концы проводов на расстоянии около 50 *мм*, как это показано на рис. IV. 46, *а*. Скрестите оголенные концы проводов так, как показано на рис. IV. 46, *б*. Придерживайте эти концы пальцами одной руки и, одновременно сдвигая их другой рукой, сделайте скрутку из шести витков (рис. IV.46, *в*). Подравняйте концы, как это показано на рис. IV.46, *г*. Пропаяйте скрутку (рис. IV.46, *д* и *е*). После того как провод остынет, изолируйте скрутку изоляционной лентой.

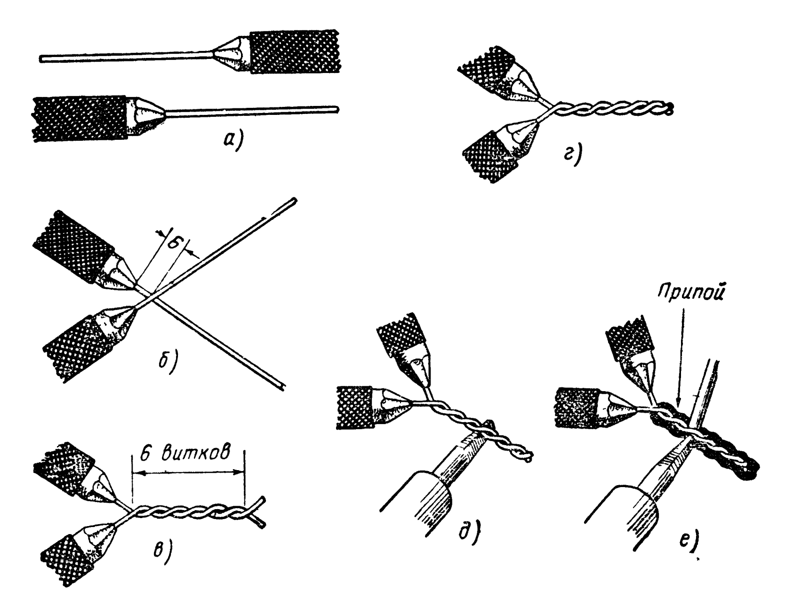


Рис. IV.46. Процесс выполнения скрутки «хвостиком».

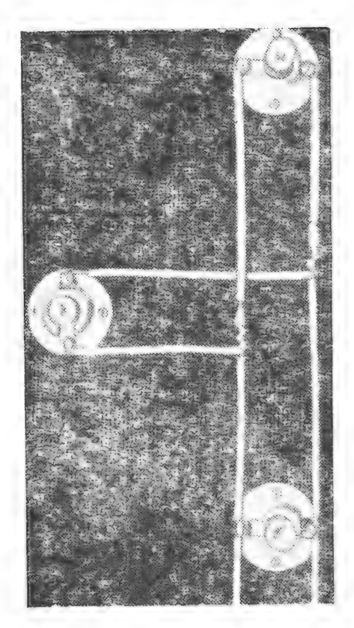


Рис. IV.47. Отвод применяется при необходимости подключения к электрической цепи. Подключая отвод, не следует перерезать основные провода.

2. Как выполнить Т-образный отвод

Удалите с проводов изоляцию (рис. IV. 48, *а*). Скрестите оголенные участки проводов так, как это показано на рис. IV.48, *б*. Туго намотайте провод отвода вокруг оголенного участка основного провода (рис. IV. 48, *в*). Натяните намотанный провод плоскогубцами (рис. IV. 48, *г*). Отрежьте оставшийся конец провода так, чтобы не оставалось острого выступа (рис. IV. 48, *д*). Пропаяйте скрутку, как показано на рис. IV.48, *е* и *ж*. После того как провод остынет, протрите место соединения влажной тряпочкой и изолируйте его изоляционной лентой.

3. Как выполнить скрутку

Удалите изоляцию с концов каждого провода на расстоянии около 75 *мм* (рис. IV.50, *а*). Скрестите два провода, как показано на рис. IV.50, *б*. Свейте концы проводов так, чтобы получилось два полных витка (рис. IV.50, *в*). Намотайте оставшиеся свободными концы на участки оголенного провода так, чтобы каждый конец имел по три витка (рис. IV.50, *г*). Натяните концы провода плоскогубцами и отрежьте выступающие кончики. Пропаяйте скрутку, как показано на рис. IV.50, *д*. После того как провода остынут, протрите место соединения влажной тряпочкой и изолируйте место скрутки изоляционной лентой.

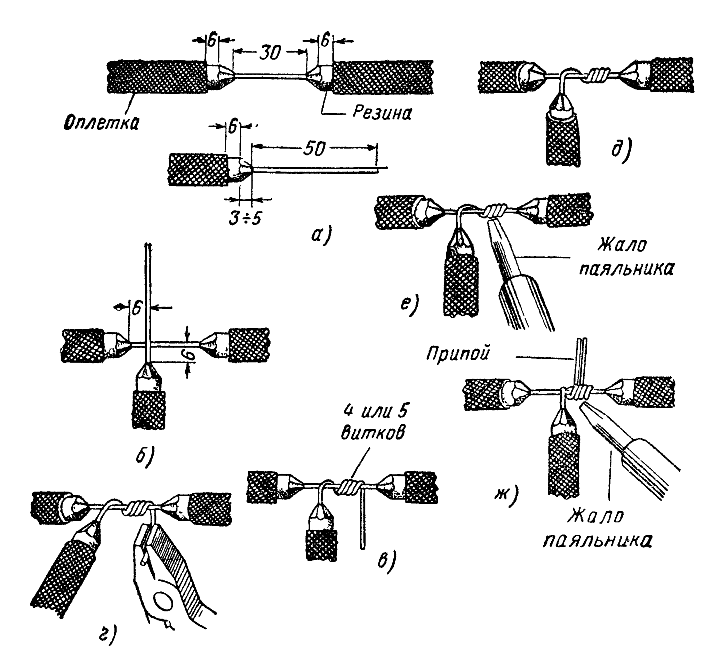


Рис. IV.48. Процесс выполнения отвода скруткой.

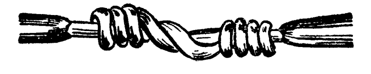


Рис. IV.49. Скрутка используется, когда необходимо удлинить провод.

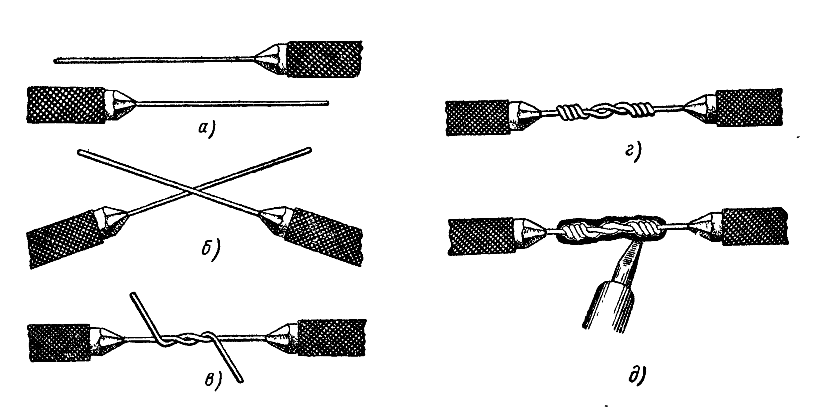


Рис. IV.50. Процесс выполнения русской скрутки.

Контрольные вопросы

1. Почему наиболее часто в качестве проводника применяется медь?
2. В каких случаях используются алюминиевые проводники?
3. Какой из металлов имеет наименьшее сопротивление?
4. Почему важно правильно выбрать диаметр провода для внутриквартирной электропроводки?
5. Поясните назначение изоляторов.
6. Перечислите некоторые изоляционные материалы, используемые в бытовых электроприборах.
7. В чем различие между проводниками и изоляторами?

14. СВЯЗЬ МЕЖДУ НАПРЯЖЕНИЕМ, ТОКОМ И СОПРОТИВЛЕНИЕМ

Закон Ома. Для определения режима работы электрической цепи используют три основные величины:

1. Напряжение.
2. Ток.
3. Сопротивление.

Все эти величины можно определять при помощи измерительных приборов. Прежде чем собрать электрическую цепь, важно знать, какое значение будет иметь каждая из этих величин. Зная величину тока, можно правильно выбрать диаметр провода. Зная напряжение, можно выбрать приборы или устройство, рассчитанные на питание таким напряжением. Потребовалось бы очень много времени, если бы каждую электрическую схему приходилось исследовать опытным путем, чтобы определить допустимые для нее напряжения и ток, а также ее сопротивление. Поэтому необходимо научиться рассчитывать электрические характеристики схемы.

Существуют определенные соотношения между напряжением, током и сопротивлением каждой цепи. Если напряжение, приложенное к концам цепи, возрастает, то ток в цепи также возрастает. Если в цепь вводится дополнительное сопротивление, то величина тока в ней уменьшается. Таким образом, если происходит изменение напряжения или сопротивления цепи, то это обязательно вызывает изменение тока.

Соотношение, существующее между этими тремя величинами, может быть выражено математически на основе закона Ома. Закон Ома используется для расчета тока по известным для данной схемы напряжению и сопротивлению; он также дает возможность определять

напряжение по известным току и сопротивлению и рассчитывать сопротивление по известным напряжению и току. Отсюда следует, что если известны две величины, характеризующие данную цепь, то по ним можно определить третью величину.

Расчет тока. Согласно закону Ома ток равен напряжению, деленному на сопротивление. Математически это выражается так:

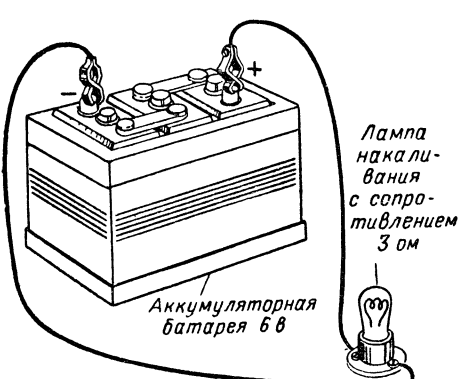
$$\text{ток (в амперах)} = \frac{\text{напряжение (в вольтах)}}{\text{сопротивление (в омах)}}.$$

В схеме, изображенной на рис. IV. 51, напряжение аккумуляторной батареи равно 6 *в*. Сопротивление осветительной лампы равно 3 *ом*. Какой ток будет протекать в этой схеме? Используя формулу закона Ома и подставляя в нее известные числовые значения напряжения и сопротивления, получаем

$$\text{ток} = \frac{6}{3} = 2a.$$

Величина тока обычно обозначается латинской буквой I. Буква U используется для обозначения э. д. с. или напряжения. Латинская буква R используется для обозначения сопротивления. Если воспользоваться этими обозначениями, то закон Ома будет выражаться следующей формулой:

$$I = \frac{U}{R}.$$



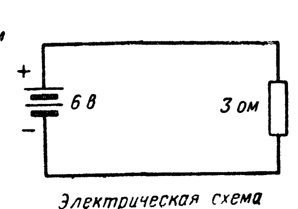


Рис. IV.51. Шестивольтовая батарея подключена к осветительной лампе накаливания с внутренним сопротивлением 3 ом.

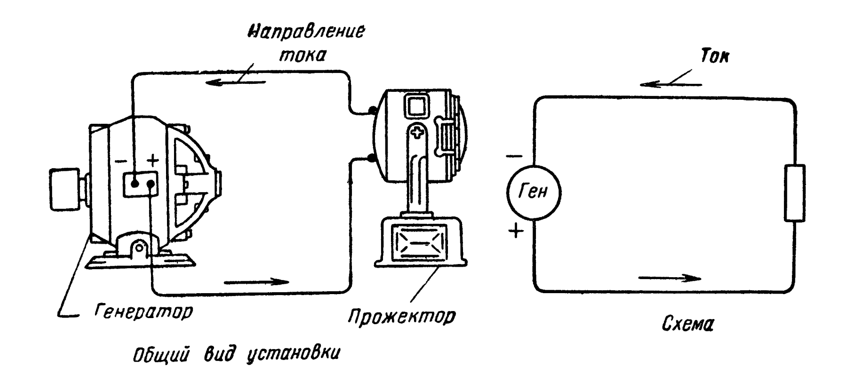


Рис. IV.52. Генератор питает током прожектор, представляющий собой нагрузку для генератора, т. е. ведет себя как сопротивление.

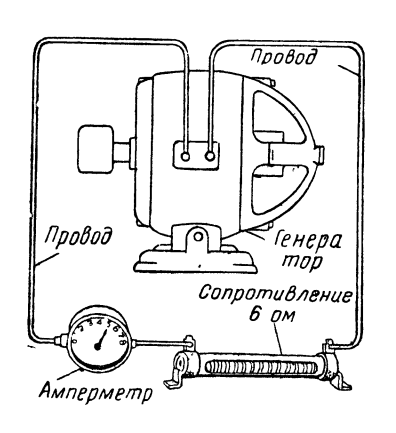


Рис. IV.53. В данной схеме через сопротивление 6 *ом* проходит ток 5 *а*.

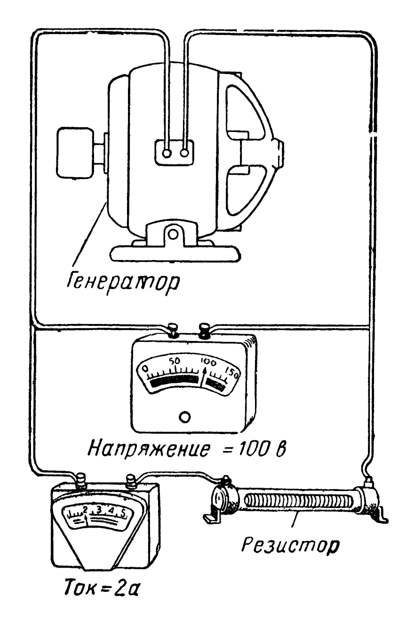


Рис. IV.54. Генератор создает напряжение 100 *в* и через сопротивление проходит ток 2 *а*.

Устройства и приборы, подключенные к источнику напряжения, на схемах часто обозначаются условными знаками. На рис. IV. 52 вверху показан генератор, подключенный к прожектору. В схеме рис. IV. 52 внизу использованы условные обозначения генератора и прожектора. Здесь прожектор уже представлен в виде сопротивления.

Допустим, что генератор создает напряжение 50 *в*, а сопротивление прожектора равно 5 *ом*. Какой ток будет проходить через эту схему?

Подставляя в формулу закона Ома числовые значения, получим

$$I = \frac{50}{5} = 10\,a.$$

Расчет напряжения. Закон Ома можно использовать для определения напряжения, приложенного к схеме, если известны ее сопротивления и проходящий через нее ток. Формула для определения напряжения имеет вид $U = IR$, т. е. напряжение = ток × сопротивление.

В схеме рис. IV. 53 ток равен 5 *а*, сопротивление этой схемы равно 6 *ом*. Определим напряжение генератора:

$$U = IR = 5 \cdot 6 = 30\ в.$$

Расчет сопротивления. Закон Ома может быть использован для расчета сопротивления схемы, если известны напряжения и ток. Формула для расчета сопротивления имеет следующий вид:

$$R = \frac{U}{I},$$

т. е. сопротивление (в омах) = $\frac{\text{напряжение (в вольтах)}}{\text{ток (в амперах)}}$.

В схеме на рис. IV. 54 напряжение равно 100 *в*, ток равен 2 *а*. Каково сопротивление в этой схеме? Подставляя эти значения в формулу, получаем

$$R = \frac{U}{I}, \quad R = \frac{100}{2} = 50\ ом$$

На основании изложенного выше следует, что формула закона Ома может быть написана в трех вариантах:

для нахождения тока $I = \frac{U}{R}$,

для нахождения напряжения $U = IR$,

для нахождения сопротивления $R = \frac{U}{I}$.

Измерение электрической мощности. Количество электрической энергии, необходимое для получения тепла, света или механического движения, часто выражается в ваттах.

Ватт является единицей электрической мощности. Мощность характеризует способность устройства выполнять работу в единицу времени. Всем знакома и другая единица мощности, называемая лошадиной силой. С помощью такой единицы обычно оценивают мощность автомобильных двигателей. Автомобильный двигатель мощностью 175 лошадиных сил способен произвести в единицу времени больше работы, чем двигатель мощностью 100 лошадиных сил. В электротехнике мощность, потребляемая электрическими приборами и устройствами, измеряется ваттами.

Электрические осветительные лампы характеризуют число ватт, которое каждая из них потребляет. Чем больше ватт потребляет лампа, тем больше света она дает. Электрическая лампа мощностью 25 ватт не горит так ярко, как 100-ваттная лампа, и потребляет в четыре раза меньше мощности. Электрический камин мощностью 600 ватт не нагреет комнату так быстро, как 1000-ваттный камин. Итак, во всех этих случаях меньшее число ватт указывает на меньшую мощность, потребляемую или отдаваемую тем или иным прибором. При приобретении или использовании прибора необходимо учитывать его мощность.

Расчет мощности. Мощность электрической схемы может быть рассчитана математически. Основная формула, служащая для измерения мощности, выражается

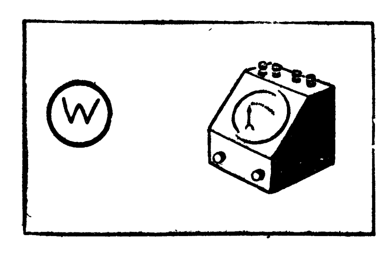


Рис. IV.55. Условное обозначение прибора для измерения мощности — ваттметра.

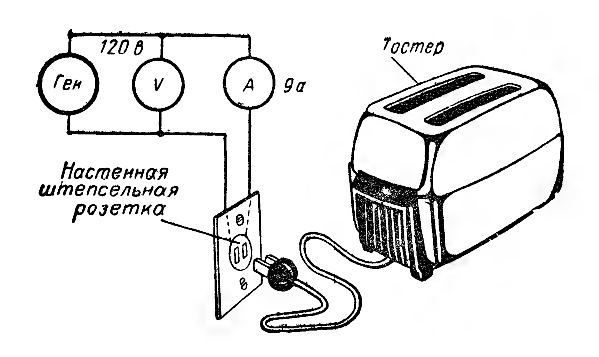


Рис. IV.56. Схема для измерения электрической мощности, потребляемой прибором.

так: мощность, потребляемая или отдаваемая цепью (прибором или устройством), равна приложенному к ней напряжению, умноженному на ток, который через нее протекает, т. е.

мощность = напряжение × ток.

В математической форме она записывается так:

$$W = UI,$$

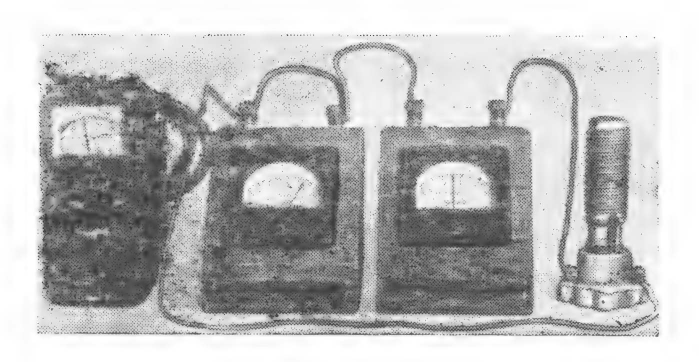


Рис. IV.57. Ваттметр слева показывает, что нагревательный элемент потребляет мощность около 600 *вт*. Если бы мы не располагали ваттметром, то для определения мощности можно было бы воспользоваться амперметром и вольтметром. Показание вольтметра около 120 *в*. Показание амперметра около 5 *а* Используя формулу для определения мощности, можно подсчитать ее, умножив напряжение на ток Умножив 120 *в* на 5 *а*, получим 600 *вт*.

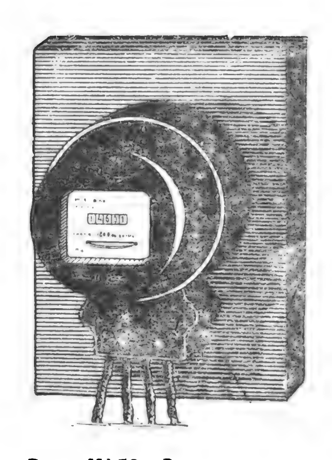


Рис. IV.58. Электросчетчик регистрирует количество израсходованных ватт-часов.

где буква W обозначает мощность в ваттах, U — напряжение в вольтах и I — ток в амперах.

В схеме рис. IV. 56 через тостер протекает ток, равный 9 *а*, а напряжение, подведенное к штепсельной розетке, равно 120 *в*. Какова мощность тостера?

Подставляя эти значения в известную нам формулу, получим

$$W = UI = 120 \times 9 = 1080 \text{ вт}.$$

Следовательно, этот прибор потребляет электрическую мощность, равную 1080 *вт*.

Для измерения мощности можно использовать вольтметр и амперметр. Специально для измерения мощности предназначен прибор, называемый ваттметром, представляющий собой комбинацию вольтметра и амперметра. При измерении мощности таким прибором нет необходимости рассчитывать мощность по формуле. При включении ваттметра в схему отсчет по его шкале дает величину мощности, потребляемой устройством.

Киловатт. Часто мощность, потребляемую электрическим оборудованием, обозначают числом киловатт, где слово кило означает 1000. Один киловатт равен 1000 *вт*, 10 *квт* равны 10 000 *вт*. Если, например, в техническом паспорте электрического нагревательного устройства указана мощность 3 *квт*, то это означает, что потребляемая им мощность равна 3000 *вт*.

Электросчетчик. Для учета количества электроэнергии, потребляемой в жилых помещениях и на предприятиях, используются счетчики киловатт-часов, устанавливаемые на вводах к потребителям энергии. Этот измерительный прибор включается таким образом, что вся подводимая к потребителю энергия проходит через него. Каждый счетчик сконструирован таким образом, что он измеряет мощность и учитывает время, в течение которого она потребляется. На лицевой панели счетчика по-

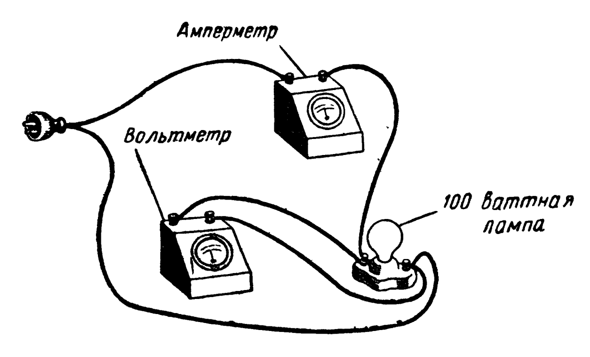


Рис. IV.59. Схема для определения сопротивления раскаленной нити осветительной лампы.

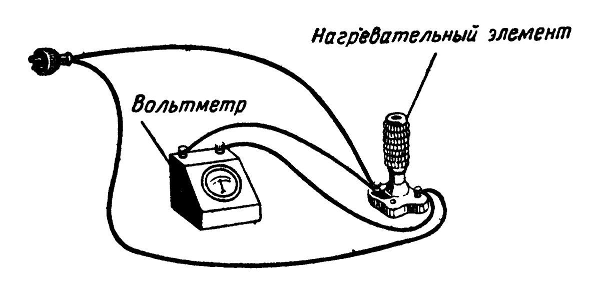


Рис. IV.60. Определение тока, проходящего через нагревательный элемент при помощи вольтметра.

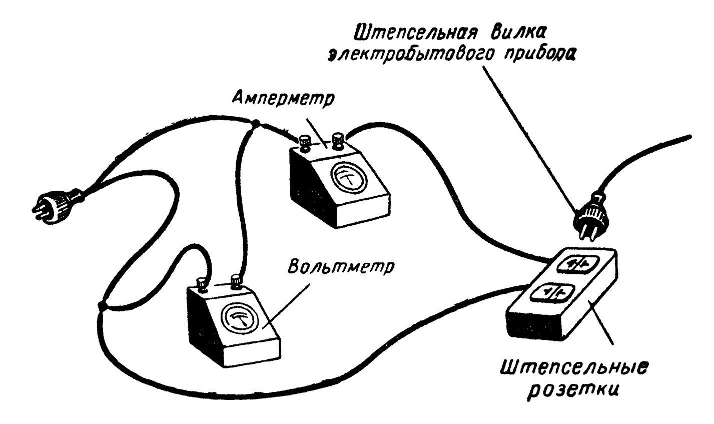


Рис. IV.61. Схема для определения мощности электробытового прибора.

казывается количество киловатт-часов, полученных потребителем. Количество киловатт-часов электроэнергии, израсходованной, например, за один месяц, можно определить, если вычесть из его показаний показания, записанные месяц тому назад. Энергосбыт устанавливает тарифы за киловатт-час израсходованной энергии. Счет за электроэнергию составляется путем умножения числа израсходованных киловатт-часов на тариф.

ИНТЕРЕСНЫЕ САМОДЕЛКИ И ЗАДАНИЯ

1. Определение сопротивления осветительной электролампы

Для определения сопротивления раскаленной нити лампы требуются следующие приборы и детали: осветительная лампа накаливания мощностью 100 *вт*, патрон для лампы, штепсель, изолированный провод, вольтметр и амперметр переменного тока.

Соберите схему так, как это показано на рис. IV.59. Можно воспользоваться самодельными вольтметром и амперметром (см. § 10 и 11). После измерения напряжения и тока по закону Ома определите сопротивление нити лампы. Насколько отличается это сопротивление от сопротивления холодной нити лампы?

2. Определение тока, потребляемого нагревательным элементом

Необходимые приборы и детали: патрон для лампы, электронагревательный элемент мощностью 600 *вт* с винтовым цоколем, штепсельная вилка, вольтметр переменного тока и амперметр переменного тока.

Соберите схему так, как это показано на рис. IV.60. Сопротивление нагревательного элемента равно примерно 20 *ом*. Измерьте напряжение и рассчитайте ток, воспользовавшись законом Ома. Получите подтверждение вашего расчета, включив в собранную схему амперметр переменного тока.

3. Определение мощности, потребляемой прибором

Необходимые приборы и детали: вольтметр и амперметр переменного тока, штепсельная вилка, изолированный провод и один из бытовых приборов, например

электрический камин, электродуховка, радиоприемник или электроутюг.

Соберите схему, изображенную на рис. IV.61. Вставьте штепсельную вилку прибора в штепсельную розетку. После измерения тока и напряжения определите по формуле мощность, потребляемую прибором.

Контрольные вопросы

1. Каким образом по закону Ома рассчитывают электрические цепи?
2. Что подразумевается под «горячим» сопротивлением в электрической цепи?
3. Что получается при увеличении сопротивления электрической цепи?
4. Что случится, если повысить напряжение в электрической цепи, содержащей осветительную лампу? Почему?
5. Объясните, пользуясь схемой, как подключить к электрической цепи вольтметр и амперметр для измерения «горячего» сопротивления осветительной лампы?
6. Каким образом можно увеличить ток, проходящий через электрическую цепь?
7. Какими тремя основными величинами обычно характеризуют режим электрической цепи?
8. К электрической цепи приложено напряжение 10 *в* и через нее проходит ток 2 *а*. Каково сопротивление цепи?
9. Вычислите ток, проходящий через электрическую цепь с сопротивлением 10 *ом*, если к ней приложено напряжение 50 *в*.
10. Какое напряжение приложено к электрической цепи, если ее сопротивление равно 50 *ом*, а проходящий через нее ток равен 3 *а*?
11. Назовите единицу, используемую для выражения электрической мощности.
12. Напишите формулу, используемую для расчета электрической мощности.
13. Как называется единица, используемая для выражения количества израсходованной энергии?
14. Как составляются счета за потребленную электроэнергию?

15. СОЕДИНЕНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ

Последовательное соединение батарей. Выше отмечалось, что один сухой элемент создает напряжение 1,5 *в*, а один элемент аккумуляторной батареи — около 2 *в*. Батареи, содержащие несколько элементов, создают большее напряжение, чем один элемент. В этих батареях элементы соединяются так, что напряжение отдельных элементов складываются, образуя суммарное напряжение, снимаемое с общих зажимов батареи.

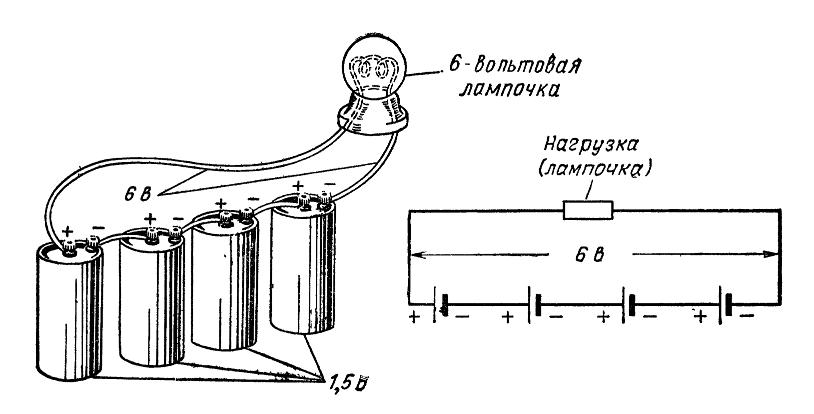


Рис. IV.62. Напряжение батареи элементов, соединенных последовательно, определяется путем сложения напряжений отдельных элементов. 4 сухих элемента, соединенные последовательно, создают напряжение 6 *в*, подводимое к осветительной лампочке.

Когда элементы включаются так, что их э. д. с. или напряжения складываются, говорят, что эти элементы включены последовательно. При последовательном соединении элементов положительный зажим одного элемента соединяется с отрицательным зажимом последующего элемента. Полное напряжение всех последователь-

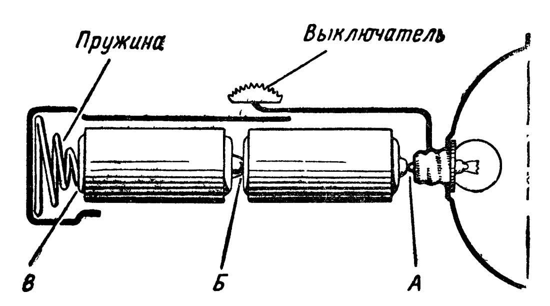


Рис. IV.63. В электрическом карманном фонарике для питания лампочки используются два последовательно соединенных сухих элемента. Положительный вывод первого элемента имеет контакт с лампочкой в точке *А*. В элементах для карманного фонарика отрицательным выводом всегда является дно элемента. Отрицательный вывод первого элемента соединен с положительным выводом второго в точке *Б*. В точке *В* отрицательный вывод второго элемента имеет контакт с пружиной, прикрепленной ко дну корпуса фонарика. Когда контакты кнопки замкнуты, по цепи проходит ток и лампочка горит.

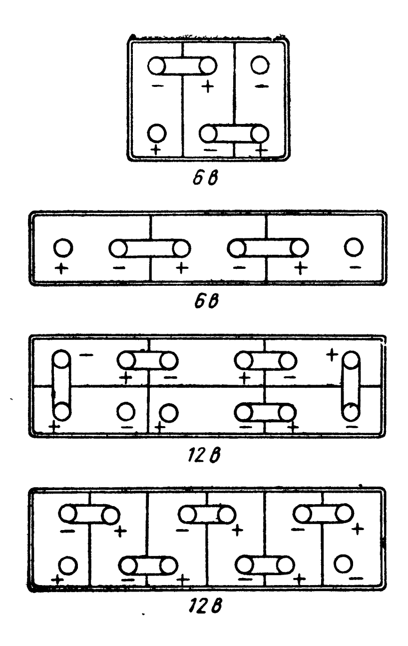


Рис. IV.64. Типичные соединения элементов в аккумуляторной батарее автомашины.

но соединенных элементов равно сумме напряжений отдельных элементов (рис. IV.62).

Итак, при последовательном соединении элементов необходимо обращать внимание на полярность элементов, чтобы положительный зажим одного элемента был соединен с отрицательным зажимом последующего. После того как соединение всех элементов выполнено, с двух оставшихся свободными зажимов элементов снимается полное напряжение батареи. Эти зажимы нельзя соединять друг с другом. Их соединяют с выводами электрического прибора или устройства, называемого электрической нагрузкой.

Шестивольтовая аккумуляторная батарея составляется из трех 2-вольтовых элементов, соединенных последовательно. В 12-вольтовой аккумуляторной батарее насчитывается 6 последовательно соединенных элементов (рис. IV. 64). В анодной батарее радиоприемника, создающей напряжение 45 *в*, насчитывается 30 последовательно соединенных сухих элементов, каждый из которых дает напряжение 1,5 *в*.

Параллельное соединение элементов и батарей. Маленькие сухие элементы служат значительно меньше, чем большие, и дают сравнительно малый ток. При параллельном соединении элементов соединяются между собой все отрицательные зажимы элементов, а также и все их положительные зажимы (рис. IV. 65). Такая батарея элементов может служить более длительное время, чем один элемент, и создавать сравнительно больший ток. Напряжение ее равно напряжению одного элемента. Соединять параллельно можно не только отдельные

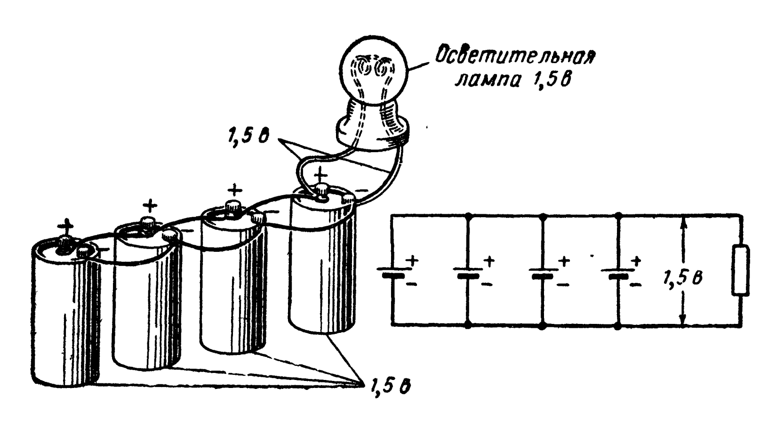


Рис. IV.65. При параллельном соединении элементов можно получить сравнительно большой ток. 4 сухих элемента, соединенные параллельно, подводят к лампе напряжение 1,5 *в*. Четыре элемента могут обеспечить в 4 раза бо́льший ток, чем 1 элемент. Снизу показана схема четырех параллельно соединенных элементов, подключенных к нагрузке.

элементы, но и батареи. Во всех случаях следует соединять между собой только батареи или элементы, создающие одинаковые напряжения. При параллельном соединении нескольких батарей общее напряжение будет равным напряжению одной батареи.

Замыкание и размыкание электрических цепей. Если подсоединить концы двух проводов, подключенных к зажимам сухого элемента, к лампе, то она загорится. Свет можно выключить, если отсоединить один из проводов от зажима элемента или от патрона лампы. Когда свет горит, то говорят, что электрическая цепь замкнута, а когда один из проводов отсоединен — разомкнута.

Практически в каждой электрической схеме (цепи) необходимо иметь устройство, позволяющее замыкать и размыкать ее при необходимости. Прибор для замыкания и размыкания цепи называется выключателем. Выключатель обычно включается в один из проводов источника питания цепи. Когда выключатель находится в положении «включено», два его контакта оказываются замкнутыми, и ток проходит через выключатель и остальную часть схемы. Размыкание контактов выключателя разрывает цепь, и ток по ней не проходит.

Типы выключателей. Существует много выключателей различных типов. Одним из наиболее распространенных

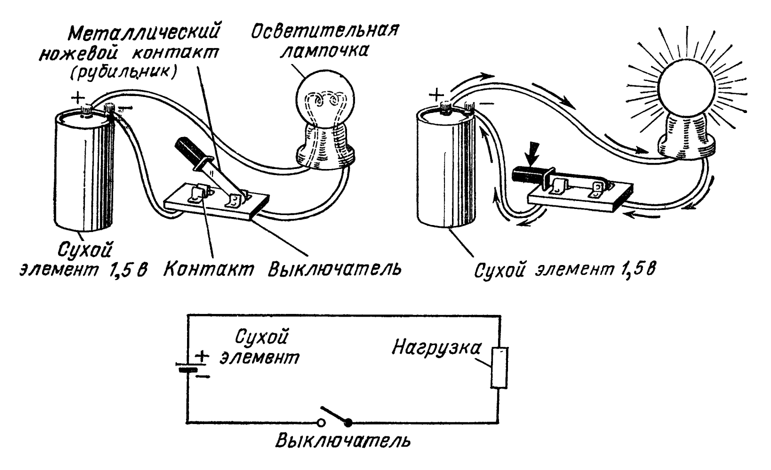


Рис. IV.66. Выключатель позволяет включать и выключать ток в электрической схеме (цепи). Когда выключатель замкнут, то и цепь замкнута в цепи течет ток.

является настенный выключатель тумблерного типа, используемый во внутриквартирной электропроводке для включения и выключения электрического освещения. Когда мы замыкаем и размыкаем одиночную электрическую цепь (рис. IV.66), то это выполняется выключателем, который называют однополюсным, используемым на одно направление. Слово «однополюсный» означает, что он имеет один ножевой контакт, а одно направление указывает на то, что такой выключатель замыкает или размыкает только одну цепь. Сокращенно такой выключатель обозначается так: О. П. О. Н.

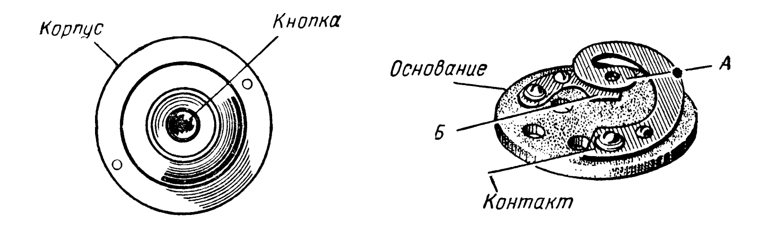


Рис. IV.67. Кнопка применяется в качестве выключателя в том случае, когда необходимо замыкать цепь на короткие периоды времени. Когда кнопка нажата, контакт *А* замыкается с контактом *Б*, в результате чего образуется замкнутая электрическая цепь.

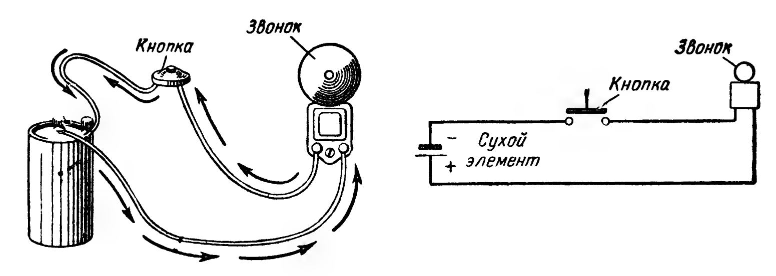


Рис. IV.68. Кнопка, замыкающая электрическую цепь, дает возможность току проходить через обмотку звонка.

В разных схемах предъявляются различные требования к выключателям, и поэтому выпускаются выключатели разнообразных типов. Двухполюсные выключатели на одно направление (Д. П. О. Н.) могут одновременно замыкать или размыкать две электрические цепи. Двухполюсные на два направления (Д. П. Д. Н) используются в том случае, когда необходимо подключать два контакта сначала к одной, а затем к другой паре цепей. В некоторых схемах часто используются тумблерный и поворотный (галетный) выключатели (переключатели). Тумблерный выключатель управляется рычагом, который поднимается вверх и спускается вниз, а поворотный выключатель управляется ручкой или диском (рис. IV. 69). Выключатели характеризуют величиной тока, которую они способны пропускать, и напряжением, при котором их использование остается безопасным. В радиоприемниках и телевизорах обычно используются выключатели, рассчитанные на ток 3 *а* и напряжение 250 *в*.

В поворотном переключателе подвижный контакт, вращающийся по кругу, замыкается с неподвижными

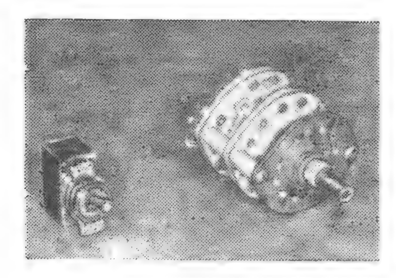


Рис. IV.69. Два типа переключателей, используемых в электронных схемах. Слева — тумблер, справа — поворотный (галетный) переключатель.

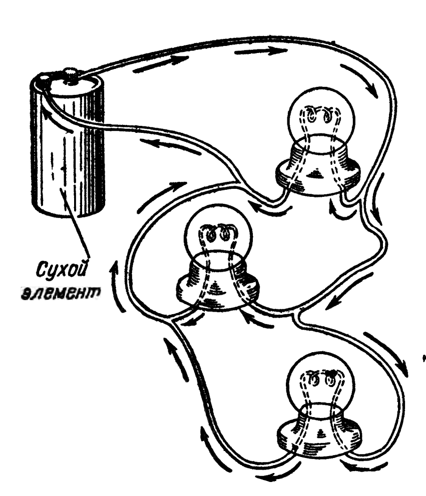
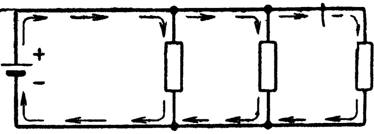


Рис. IV.70. Три осветительные лампы, включенные параллельно. Стрелки указывают 3 отдельные цепи для тока Напряжения на каждой из трех параллельно включенных ламп одинаковы и равны напряжению источника. Справа показана электрическая схема этих цепей.



контактами, расположенными по окружности. Неподвижные контакты обычно располагаются по краю диска из бакелита или керамики. Подвижный контакт вращается с помощью оси, проходящей через центр переключателя. При вращении оси подвижный контакт последовательно замыкается с неподвижными контактами. В некоторых переключателях используется несколько дисков, расположенных один под другим. В этом случае один валик может вращать несколько подвижных контактов относительно такого же числа систем неподвижных контактов. Такой переключатель называется пакетным. Он позволяет получить большое число комбинаций включений и выключений для различных цепей.

Параллельные электрические цепи. Если желательно, чтобы три лампочки получали ток от одного и того же сухого элемента, то все они должны быть присоединены

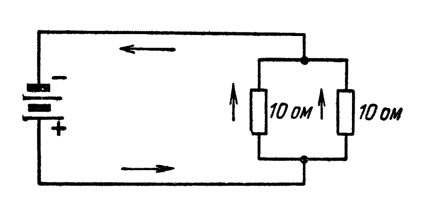


Рис. IV.71. В этой схеме два параллельно включенных сопротивления имеют одинаковую величину, поэтому и токи через оба сопротивления будут также одинаковы. Поскольку параллельное соединение сопротивлений уменьшает сопротивление цепи, общее сопротивление этих двух сопротивлений будет составлять 5 *ом*.

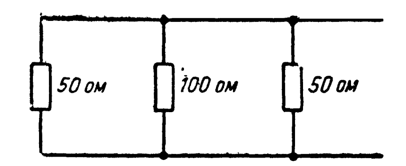


Рис. IV.72. В этой схеме, составленной из трех параллельно соединенных сопротивлений, общее сопротивление равно 20 *ом*.

непосредственно к зажимам этого элемента (рис. IV.70). В таком случае говорят, что эти лампы соединены параллельно.

Параллельное соединение электрических цепей широко используется во внутриквартирной электропроводке. Каждый электрический прибор (устройство) в параллельной схеме присоединяется непосредственно к двум токонесущим проводам. Все приборы должны быть рассчитаны на одно и то же напряжение, равное по величине полному напряжению источника тока, подключенного к токонесущим проводам.

В схеме, образованной параллельными цепями, через различные цепи может протекать ток различной величины. Величина тока, протекающего через каждую цепь, определяется сопротивлением того или иного прибора, поскольку напряжение на всех приборах одинаково. При использовании параллельной схемы включения приборов у каждого прибора можно установить выключатель, позволяющий индивидуально включать и выключать прибор.

Расчет сопротивления параллельных цепей. Если два сопротивления одной и той же величины включены параллельно, как это показано на рис. IV.71, то общее результирующее сопротивление схемы будет равно лишь половине величины одного сопротивления. В такой схеме ток может проходить по двум цепям, имеющим одинаковые сопротивления. Итак, при наличии двух одинаковых цепей их общее сопротивление в два раза меньше сопротивления одной цепи.

Если сопротивления одинаковой величины включены параллельно, то их общее сопротивление может быть рассчитано путем деления величины одного сопротивления на число параллельных цепей Так, например, если параллельно включены четыре сопротивления по 100 *ом* каждое, то общее сопротивление составит одну четвертую от 100 *ом*, или 25 *ом*.

Иногда параллельно соединяются неравные по величине сопротивления. В этом случае рассчитать общее соп-

ротивление можно по формуле для вычисления параллельного сопротивления

$$\frac{1}{R_{общ}}=\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}+\frac{1}{R_3}+\dots$$

Если параллельно соединены сопротивления величиной 50, 100 и 50 *ом* соответственно (рис. IV. 72), то их общее сопротивление может быть рассчитано следующим путем:

$$\frac{1}{R_{общ}}=\frac{1}{50}+\frac{1}{100}+\frac{1}{50}, \text{ т. е. } R_{общ}=20 \text{ ом}.$$

В этом примере общее сопротивление, равное 20 *ом*, меньше сопротивления любого из параллельно соединенных сопротивлений. При параллельном соединении общее сопротивление всегда меньше наименьшего из параллельно соединенных сопротивлений.

Ток через параллельные цепи. В схеме, образованной из нескольких параллельных цепей, сопротивления отдельных цепей могут быть различными. Следовательно, и точки через эти цепи также будут различными. Общий ток, проходящий в такой схеме, равен сумме токов через отдельные цепи.

На схеме рис. IV. 73 три параллельно включенных сопротивления равны соответственно 15, 30 и 30 *ом*. Они подключены к 6-*в* батарее. Используя закон Ома, мы можем рассчитать ток через каждое из этих сопротивлений:

$I=U/R$
$I_1 = 6/15 = 0{,}4$ *а*,
$I_2 = 6/30 = 0{,}2$ *а*,
$I_3 = 6/30 = 0{,}2$ *а*.

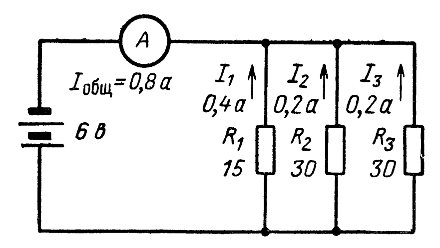


Рис. IV.73. В данной схеме, образованной из ряда параллельных цепей, общий ток ($I_{общ}$) равен сумме токов, проходящих через отдельные сопротивления. Общее сопротивление схемы равно 7,5 *ом*.

Общий ток в схеме равен сумме токов, протекающих через отдельные сопротивления:

$$I_{общ}=I_1+I_2+I_3=0{,}4+0{,}2+0{,}2=0{,}8\ a.$$

Рассчитать величину общего тока в схеме можно и другим способом. Сначала следует определить общее сопротивление схемы по формуле

$$\frac{1}{R_{общ}}=\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}+\frac{1}{R_3}=\frac{1}{15}+\frac{1}{30}+\frac{1}{30}=\frac{4}{30},$$

$$\text{т. е. } R_{общ}=7{,}5\ ом.$$

Затем можно рассчитать и общий ток:

$$I_{общ}=\frac{U}{R_{общ}},$$

$$I_{общ}=\frac{6\ \text{вольт}}{7{,}5\ \text{ом}}=0{,}8\ \text{ампера}.$$

Заметьте, что общий ток, равный 0,8 *a*, полученный на основе расчета общего сопротивления, равен той же величине, полученной путем суммирования токов через отдельные сопротивления.

Последовательные электрические цепи. В последовательной электрической цепи одинаковый ток проходит через все включенные в нее приборы (устройства). Если несколько устройств включены последовательно, то напряжение, приложенное к такой цепи, делится между ними (рис. IV. 75). Если одно из устройств последовательной цепи отключается, ток в ней прекращается. В некоторых небольших радиоприемниках последовательно включаются нити накала радиоламп. Если в таком приемнике перегорает одна лампа, то перестают работать все остальные. Чтобы определить, какая из ламп перегорела, необходимо проверить все лампы.

Последовательно соединенные сопротивления. Итак, когда два или несколько сопротивлений соединены последовательно, то через каждое из них проходит один и тот же ток. На рис. IV. 76 изображена схема, состоящая из последовательного соединения четырех сопротивлений, подключенных к 12-*в* аккумуляторной батарее. Если к такой батарее подключить только одну лампу, то она перегорит. Когда к батарее напряжением 12 *в* под-

127 в

Предохранитель

127 в

W_1

W_2

I_1

Штепсельная розетка на ток не больше 2,4 а

Осветительная лампа 0,5 а

Точильный круг

Утюг 8,7 а

Стиральная машина 3 а

Автоматическая топка 2,6 а

Двигатель

Рис. IV.74. Электропроводка является практическим примером использования параллельных цепей.

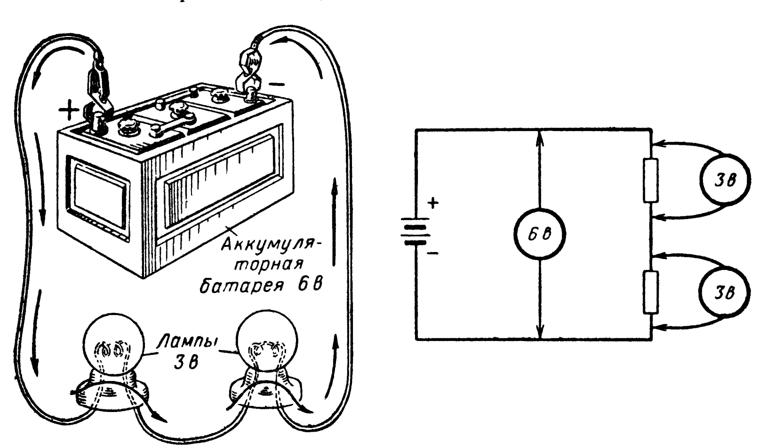


Рис. IV.75. Когда лампы соединены последовательно, напряжение делится между ними. Электроны начинают свой путь у отрицательного полюса батареи, проходят через одну лампу, а затем и через другую. Схема показывает, как напряжение батареи делится между двумя лампами.

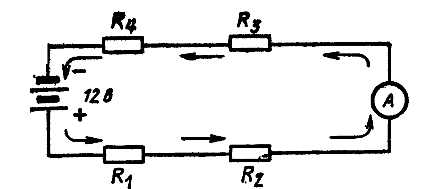


Рис. IV.76. В последовательной электрической цепи один и тот же ток проходит через все сопротивления. Общее сопротивление цепи равно 12 *ом.*

ключено четыре последовательно соединенные одинаковые лампы, то на одну лампу будет приходиться всего 3 *в*.

Когда два или несколько сопротивлений соединяются последовательно, их общее сопротивление равно сумме отдельных сопротивлений. Формула для расчета последовательного сопротивления имеет следующий вид:

$$R_{\text{общ}}=R_1+R_2+R_3+\ldots..$$

Если каждая лампа в схеме на рис. IV.76 имеет сопротивление 3 *ом*, то общее сопротивление такой цепи может быть рассчитано с помощью формулы для последовательного соединения сопротивлений.

Так как

$R_1=3$ *ом*, $R_2=3$ *ом*, $R_3=3$ *ом*, $R_4=3$ *ом*,

то $R_{\text{общ}}=3+3+3+3=12$ *ом*.

После того как найдено общее сопротивление такой цепи, можно рассчитать ток через нее по формуле

$$I=\frac{E}{R}.$$

Так как $E=12$*в*; $R_{\text{общ}}=12$ *ом*, то $I=\frac{12}{12}=1$ *а*.

ИНТЕРЕСНЫЕ САМОДЕЛКИ И ЗАДАНИЯ

1. Изготовление самодельного зуммера

Необходимые детали и материалы:

Деревянное основание 12×60×60 *мм*	1
Стержень круглого сечения из мягкой стали ∅ 6 *мм* длиной 27 *мм*	1
Прокладки из фибры 3×18 *мм*	2
Полоска листовой бронзы для пружины толщиной 0,4 *мм* 22×30 *мм*	1
Диск из мягкой стали толщиной 3 *мм* ∅ 6 *мм*	1
Кусок листовой стали толщиной 0,8 *мм* 22×22 *мм* . .	1
Обмоточный провод ∅ 0,5 *мм*	6 *м*
Зажимы	2

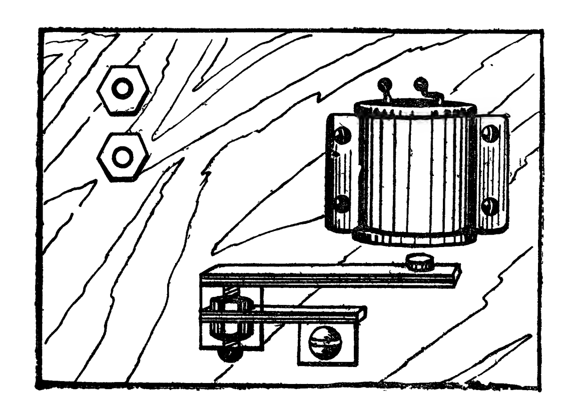


Рис. IV.77. Зуммер.

Держатель катушки

Зажимы

Катушка наматывается обмоточным проводом ϕ 0,6

18

64

Каркас катушки

Контактный винт

Вибратор

64

32

3

12

6

Сгиб

10

10

Стальной диск, припаиваемый к вибратору

Сгиб

Листовая бронза для пружин ϕ 0,4

Вибратор

22

Листовая бронза для пружин ϕ 0,4

15

Припаяйте гайку М4 к держателю контактного винта

6

Сгиб

Рис. IV.78. Детали самодельного зуммера.

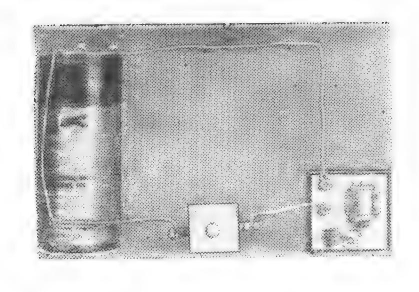


Рис. IV.79. Кнопка и зуммер, соединенные с сухим элементом.

Снимите фаску с деревянного основания так, как это показано на рис. IV. 78. Просверлите отверстия диаметром 6 *мм* в центре прокладок. Просверлите в одной из прокладок дополнительно еще два отверстия диаметром 1,5 *мм*. Одно из этих отверстий должно быть расположено ближе к центральному отверстию, а второе — у внешней кромки прокладки. Закрепите прокладки на концах стального стержня диаметром 6 *мм* так, чтобы они отстояли друг от друга на 18 *мм*. Вставьте один из концов обмоточного провода во внутреннее отверстие так, чтобы из отверстия выступал кусок провода длиной 7—8 *см*. Намотайте на стальной стержень равномерно восемь слоев обмоточного провода. Другой конец провода нужно пропустить через внешнее отверстие в прокладке.

Вырежьте из листовой бронзы, используемой для изготовления пружин, кусок такой формы, которая указана на рис. IV.78. Эта пружина выполняет роль вибратора. Просверлите и изогните кусок бронзовой пружины так, как показано на рисунке. Припаяйте к вибратору стальной диск диаметром 6 *мм*.

Вырежьте кусок листовой бронзы по форме, указанной на рисунке. Для того чтобы из этой плоской детали изготовить держатель контактного винта, ее нужно изогнуть и просверлить. Припаяйте к держателю контактного винта бронзовую гайку М4. С помощью напильника сточите скругленный конец бронзового винта М4 со скругленной головкой. Этот винт будет служить регулировочным.

Просверлите по отверстию у каждого конца металлической полоски, предназначенной для закрепления катушки, и изогните ее таким образом, чтобы она могла служить держателем катушки.

Смонтируйте все детали на деревянном основании. Выполните необходимые соединения, показанные на рисунке пунктирными линиями. Провода проложите по дну деревянного основания. Навинтите на регулиро-

вочный винт бронзовую гайку М4 и ввинтите сам винт в гайку, припаянную к держателю контактного винта. Теперь самодельный зуммер готов к испытанию. Подведите к двум зажимам напряжение переменного или постоянного тока величиной от 3 до 6 *в*. Произведите регулировку зуммера контактным винтом.

2. Последовательное соединение сухих элементов, питающих зуммер

Возьмите четыре сухих элемента, зуммер, кнопку и электрический провод, необходимый для их соединения. Соедините сухие элементы последовательно (рис. IV.80). Когда все элементы будут соединены между собой, окажется, что положительный зажим одного элемента и

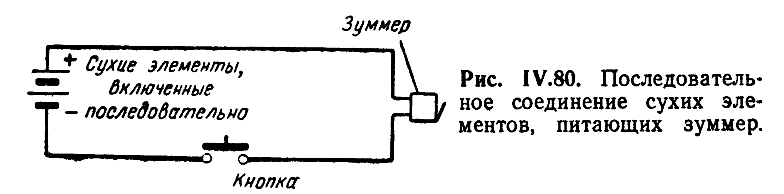


Рис. IV.80. Последовательное соединение сухих элементов, питающих зуммер.

отрицательный зажим другого остались свободными. Соедините проводом один из этих зажимов с одним из зажимов кнопки, другой зажим кнопки — с одним из зажимов зуммера, а другой зажим зуммера — с оставшимся свободным зажимом сухого элемента. Нажмите кнопку, и, если все соединения выполнены правильно, зуммер заработает.

Когда вы выполняете электрические соединения и подсоединяете провод к зажиму, виток провода вокруг винта должен наматываться по часовой стрелке (рис. IV.81). В этом случае провод плотно охватывает винт зажима и получается надежное соединение.

При работе зуммера отметьте громкость его звучания при питании от четырех сухих элементов. Тон зуммера можно изменить регулировкой контактного винта.

3. Параллельное соединение сухих элементов, питающих зуммер

Соедините между собой четыре отрицательных зажима одинаковых сухих элементов. Четыре положительных зажима элементов соедините так, как это показано

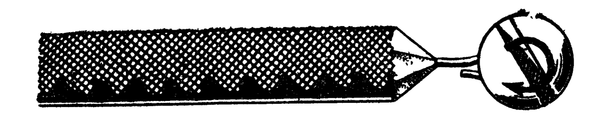


Рис. IV.81. Виток провода должен охватывать контактный винт по часовой стрелке.

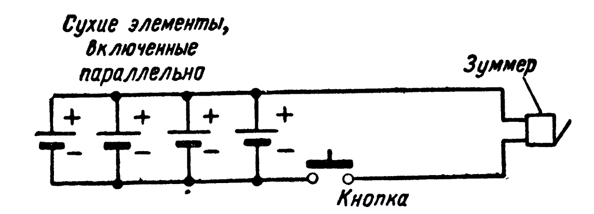


Рис. IV.82. Параллельное включение сухих элементов, питающих зуммер.

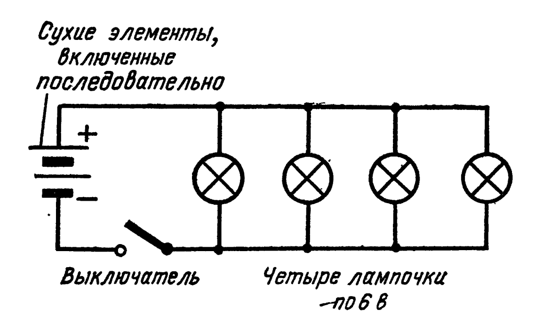


Рис. IV.83. Последовательное соединение сухих элементов и параллельное соединение ламп.

на схеме рис. IV.82. Соедините проводом отрицательные зажимы сухих элементов с одним из зажимов кнопки, другим проводом — второй зажим кнопки с одним из зажимов зуммера. Соедините проводом другой зажим зуммера с положительным зажимом батареи элементов. Нажмите кнопку, и, если все соединения выполнены правильно, зуммер заработает.

4. Последовательное соединение сухих элементов и параллельное соединение осветительных ламп

Возьмите четыре сухих элемента и четыре 6-*в* лампочки, четыре миниатюрных патрона для лампочек, однополюсный выключатель и необходимое количество соединительного провода. Последовательно соедините четыре сухих элемента в батарею. Соедините патроны так, как показано на рис. IV.83; для этого установите их один за другим и одним проводом объедините их контакты, расположенные с одной стороны, а другим проводом контакты, расположенные с другой стороны патронов. Соедините проводом остававшийся свободным положительный зажим батареи сухих элементов с одним из патронов. Соедините другой контакт того же патрона с одним из зажимов выключателя. Соедините другой зажим выключателя с отрицательным зажимом батареи. Замкните контакт выключателя, и, если все соединения выполнены правильно, осветительные лампы должны загореться.

Выверните одну из ламп и посмотрите, как стали после этого светиться оставшиеся лампы. Если используются свежие сухие элементы, яркость свечения оставшихся ламп не изменится. Если же сухие элементы проработали очень долго, то, если вывернуть одну из лампочек, оставшиеся станут светиться ярче.

5. Последовательное соединение сухих элементов и лампочек

Возьмите четыре сухих элемента, четыре лампочки для карманного фонарика, четыре миниатюрных патрона для лампочек, однополюсный выключатель и необходимое количество соединительного провода. Соедините четыре сухих элемента последовательно. Соедините четыре миниатюрных патрона последовательно, как по-

казано на рис. IV.84. Соедините проводом сухие элементы, патроны и выключатель так, чтобы все они образовали последовательную цепь. Замкните контакт выключателя, и, если все соединения выполнены правильно, лампочки загорятся. Выверните одну из лампочек из патрона. Что произойдет? Где может быть использована такая система соединений? Замените 1,5-*в* лампочки для карманного фонарика 6-*в* лампочками. Что произойдет? Почему?

6. Последовательное соединение сухих элементов и параллельное включение кнопок и зуммеров

Возьмите четыре сухих элемента, две кнопки, два зуммера и необходимое количество соединительного провода. Если вы собирали схемы, в которых зуммер питается от сухих элементов, то вы знаете, что при увеличении числа последовательно включенных элементов звук зуммера становится громче. Обычно зуммер работает от напряжения 1,5 *в*. В тех случаях, когда зуммеры используются для сигнализации и устанавливаются в шумных помещениях, для их питания применяются источники с более высоким напряжением. Соедините последовательно четыре сухих элемента в батарею. Соедините параллельно две кнопки и два зуммера так, как это показано на рис. IV.85. Соедините один из зажимов батареи с одним из зажимов зуммера. Соедините другой зажим зуммера с одним из зажимов кнопки. Соедините оставшийся свободным зажим кнопки со свободным зажимом батареи. Нажмите любую из кнопок, и, если схема собрана правильно, оба зуммера заработают. Придержите рукой якорь одного из зуммеров так, чтобы он не смог вибрировать, и нажмите кнопку. Повлияло ли это на работу другого зуммера? Почему?

7. Схема трехпроводной зуммерной системы, позволяющей отвечать на вызов

Возьмите четыре сухих элемента, две кнопки, два зуммера и необходимое количество соединительного провода. Соедините сухие элементы последовательно в батарею. Отрежьте два одинаковых куска провода длиной в несколько метров. Подсоедините один из концов каждого провода к одному из зуммеров. Подсоеди-

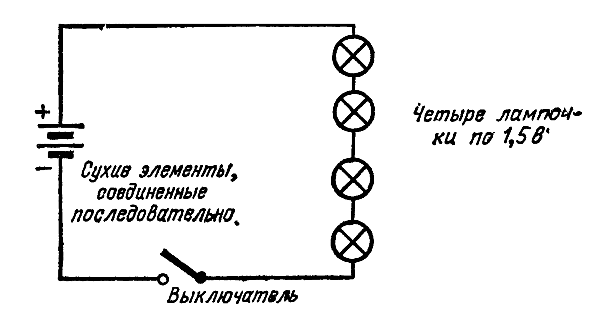


Рис. IV.84. Последовательное соединение сухих элементов и лампочек.

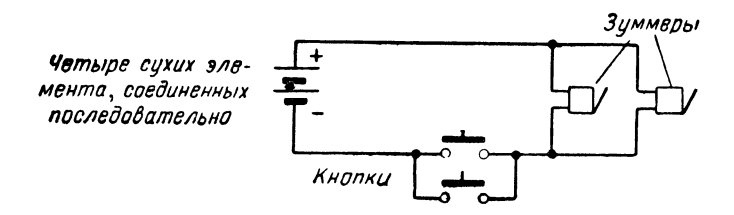


Рис. IV.85. Последовательное соединение сухих элементов и параллельное соединение зуммеров.

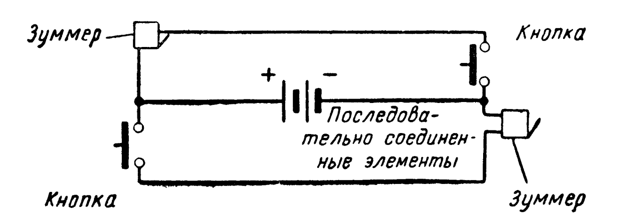


Рис. IV.86. Трехпроводная зуммерная система, позволяющая отвечать на вызов.

ните другой конец каждого провода к одной из кнопок. Уложите провода так, чтобы у каждого конца провода находились зуммер и кнопка (рис. IV.86). Короткими проводами соедините зуммер и кнопку со свободным концом одного длинного провода. То же самое сделайте и со свободным концом другого длинного провода. Соедините один из зажимов батареи с коротким проводом, соединяющим кнопку и зуммер. Еще одним проводом соедините оставшийся свободным зажим батареи с коротким проводом, соединяющим другие кнопку и зуммер. Полученные соединения должны соответствовать схеме рис. IV.86. Если вся схема собрана правильно, при нажатии одной из кнопок будет срабатывать зуммер на другом конце провода. Где может быть использована такая система?

Контрольные вопросы

1. Нарисуйте схему батареи из сухих элементов, которая будет давать напряжение 7,5 *в*.

2. Какое будет получено напряжение, если соединить последовательно два больших сухих элемента с двумя небольшими элементами для карманного фонарика?

3. Перечислите возможные применения последовательно соединенных сухих элементов.

4. В каких случаях необходимо соединять сухие элементы параллельно?

5. Нарисуйте схему подключения четырех 1,5-*в* лампочек к 6-*в* аккумуляторной батарее.

6. Перечислите случаи использования последовательно включенных лампочек.

7. В чем недостаток последовательного соединения лампочек?

8. Как включены осветительные лампы у вас дома, последовательно или параллельно?

9. В чем различие между замкнутой и разомкнутой цепью?

10 Перечислите различные типы известных вам переключателей.

11. Нарисуйте схему, в которой однополюсный выключатель на одно направление используется для подключения и отключения 6-*в* лампы и аккумуляторной батареи

12. Чему равно общее сопротивление электрической цепи, содержащей четыре сопротивления по 200 *ом*, включенных параллельно?

13. Рассчитайте общее сопротивление четырех параллельно включенных сопротивлений, если сопротивление первого из них равно 16 *ом*, второго — 32 *ом*, третьего — 8 *ом* и четвертого — 32 *ом*.

ГЛАВА V

ЭЛЕКТРИЧЕСТВО В НАШЕЙ ЖИЗНИ

16. ПРОИЗВОДСТВО И ПЕРЕДАЧА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ

Производство электрической энергии. В § 8 указывалось, что генераторы могут создавать как переменный, так и постоянный ток. В генераторах переменного тока электрический ток от якоря в цепь нагрузки поступает через контактные кольца и щетки (рис. V.1), а в генераторе постоянного тока — через коллектор (рис. V.2).

Большинство генераторов переменного тока в системах электроснабжения коммунальных потребителей вырабатывает переменный ток частотой 50 *гц*. Это озна-

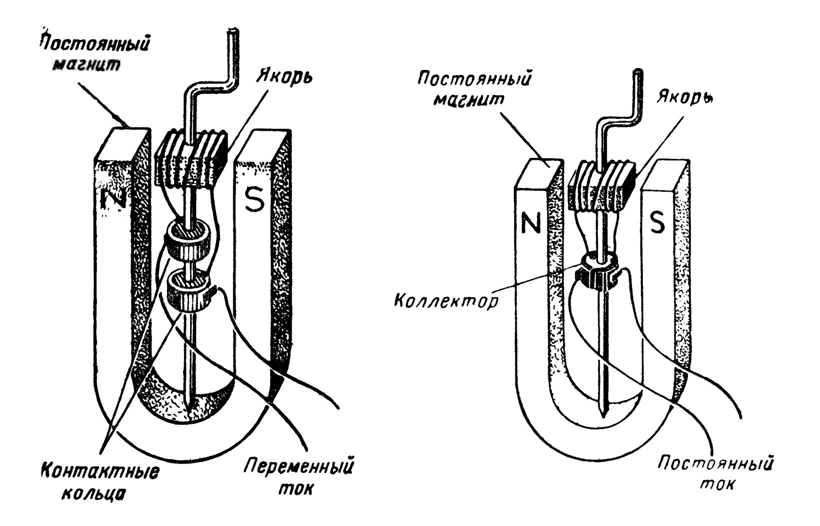


Рис. V.1. Устройство простейшего генератора переменного тока.

Рис. V.2. Генератор постоянного тока имеет те же основные части, что и генератор переменного тока.

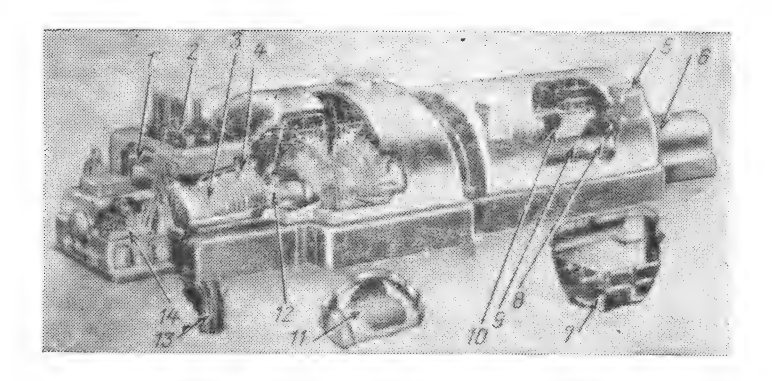


Рис. V.3. У современного турбогенератора вращение ротора происходит под действием пара:

1 — впускной канал для пара (верхний); *2* — впускные клапаны паропровода; *3* — ротор высокого давления; *4* — сопла; *5* — водородный охладитель, *6* — возбудитель; *7* — зажимы генератора; *8* — обмотки; *9* — обмотка возбуждения; *10* — слоистый сердечник; *11* — конденсатор; *12* — подшипник; *13* — впускной канал для паропровода (нижний); *14* — управляющий механизм.

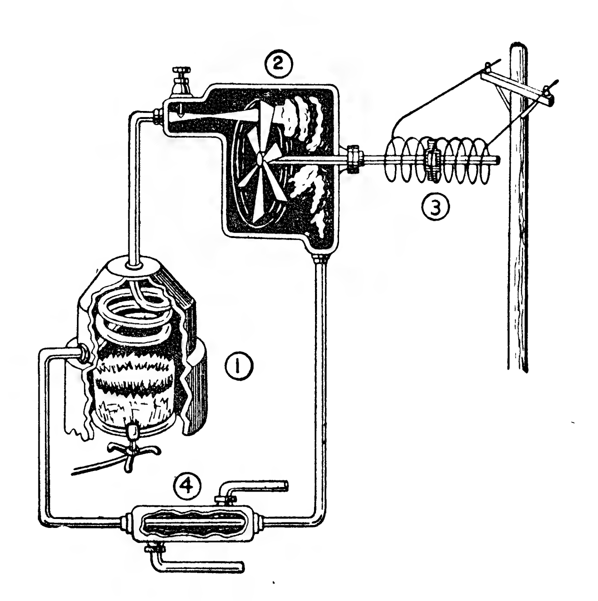


Рис. V.4. Принцип действия паровой электростанции: *1*) в котле создается пар; *2*) пар, выходя через сопла, ударяет о лопатки турбины, в результате чего ее колесо вращается; *3*) турбина вращает ротор генератора, и он создает э. д. с. и ток; *4*) отработанный пар, т. е. пар, прошедший через турбину, конденсируется и возвращается в котел.

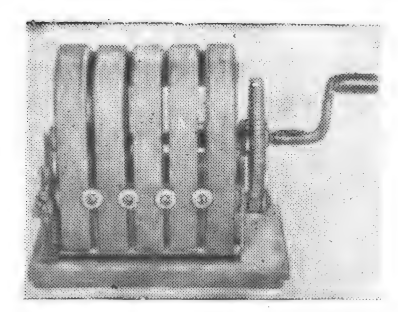


Рис. V.5. Старинный электрогенератор с ручным приводом, применявшийся для вызова абонента телефонной сети. Магнитное поле в таком генераторе создается пятью подковообразными магнитами.

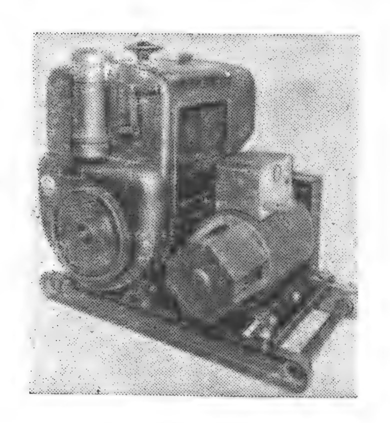


Рис. V.6. Электрогенератор с приводом от двигателя внутреннего сгорания. Генератор мощностью 10 *квт* может вырабатывать напряжение 127 или 220 *в*.

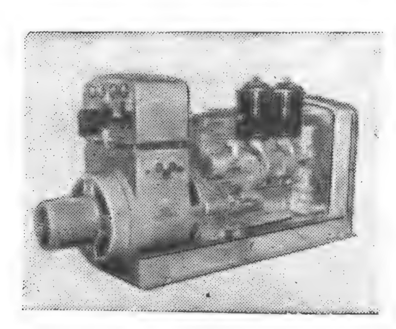


Рис. V.7. Электрогенератор с приводом от дизеля. Генератор имеет мощность 60 *квт* и может создавать напряжение 127 или 220 *в*.

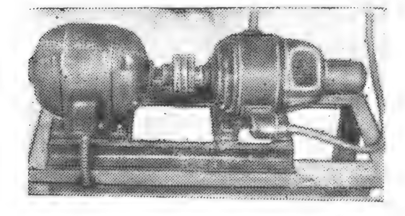


Рис. V.8. Двигатель-генераторная установка, в которой электрический двигатель вращает генератор.

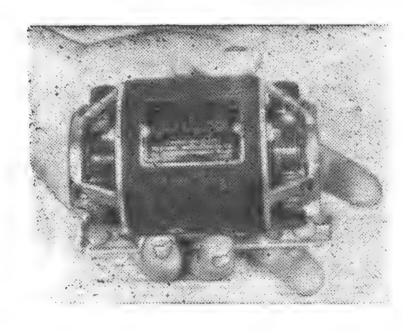


Рис. V.9. Это небольшое устройство представляет собой комбинацию электродвигателя с генератором постоянного тока Оно используется для электропитания радиооборудования самолета.

чает, что такой ток меняет свое направление 100 раз в секунду.

Электрогенераторы. В каждом генераторе необходимо каким-либо способом вращать якорь или ротор. Крупные генераторы, вырабатывающие энергию для городских жилых домов и промышленных предприятий, приводятся в движение энергией падающей воды (гидроэнергией) или водяным паром. Эти огромные генераторы весят много тонн и для их вращения требуется колоссальное количество энергии. Якорь или ротор таких генераторов обычно соединен с ротором турбины (рис. V.3).

Турбина представляет собой устройство, которое можно сравнить с ветряной мельницей. У ветряной мельницы имеется несколько лопастей или крыльев. Когда под давлением ветра крылья вращаются, вместе с ними вращается и центральный вал, на котором они насажены. Этот вал можно соединить с каким-либо устройством, например насосом, который будет перекачивать воду.

Когда для вращения генератора используется гидроэнергия, необходим быстрый поток воды. Такой поток может давать большой водопад, например Ниагарский, или плотина, задерживающая огромные массы воды. Вода, переливающаяся через край водопада или выходящая через донное отверстие в плотине, по специальному каналу направляется к водяной турбине. На подвижном колесе турбины закреплены лопатки. Под напором воды ротор турбины вращается и приводит в действие генератор.

На многих электростанциях генераторы вращаются нагретым водяным паром высокого давления. Пар высокого давления направляется на лопатки турбины с огромной скоростью. У паровых турбин имеется целый ряд лопастных колес, установленных так, что пар должен миновать от 17 до 20 колес. Пар выходит из сопла

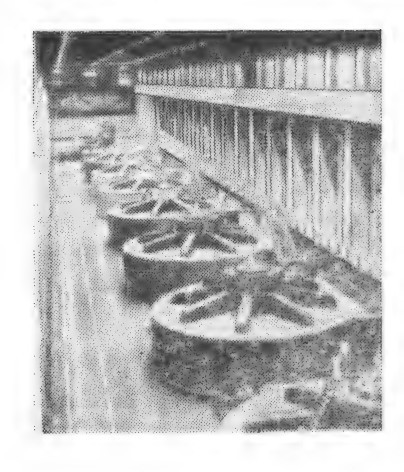


Рис. V.10. Большие гидрогенераторы, установленные на одной из крупных гидроэлектростанций

и ударяет о лопатки первого колеса. Пар, потерявший часть своего давления, теперь направляется в следующий ряд сопел и, выходя из них, ударяет о лопатки следующего колеса и т. д. Иногда последнее колесо с лопатками имеет диаметр 3,7 *м*. Для работы гидро- и паровой турбины необходимо очень много воды. Поэтому большинство электростанций размещается вблизи озер или в таких местах, где вода имеется в изобилии.

Небольшие генераторы. Там, куда не доведены электролинии от энергосистем, электроэнергия вырабатывается генераторами, приводимыми в действие двигателями внутреннего сгорания. Некоторые небольшие генераторы работают от ветряных двигателей.

Значительный по величине постоянный ток необходим для нанесения электропокрытий и для дуговой сварки. Генераторы, вырабатывающие такой ток, обычно вращаются электродвигателями. Для производства электроэнергии в таких случаях часто применяется установка, состоящая из электродвигателя и генератора, которая называется двигатель-генераторной (рис. V.8).

Потери в линии электропередачи. Крупные электростанции должны вырабатывать огромные количества энергии, чтобы покрыть все потребности города и деревни. Такие электростанции часто снабжают энергией целые районы, насчитывающие по нескольку городов, и размещаются на значительном расстоянии от потребителей энергии. Линии, по которым электрическая энергия передается от станций к городам и промышленным предприятиям, называют линиями электропередачи.

Напряжение этих линий электропередачи обычно очень высоко. Часто используются напряжения 35 000 и 110 000 *в*. Высокие напряжения применяются по двум причинам: во-первых, чтобы уменьшить потери напряже-

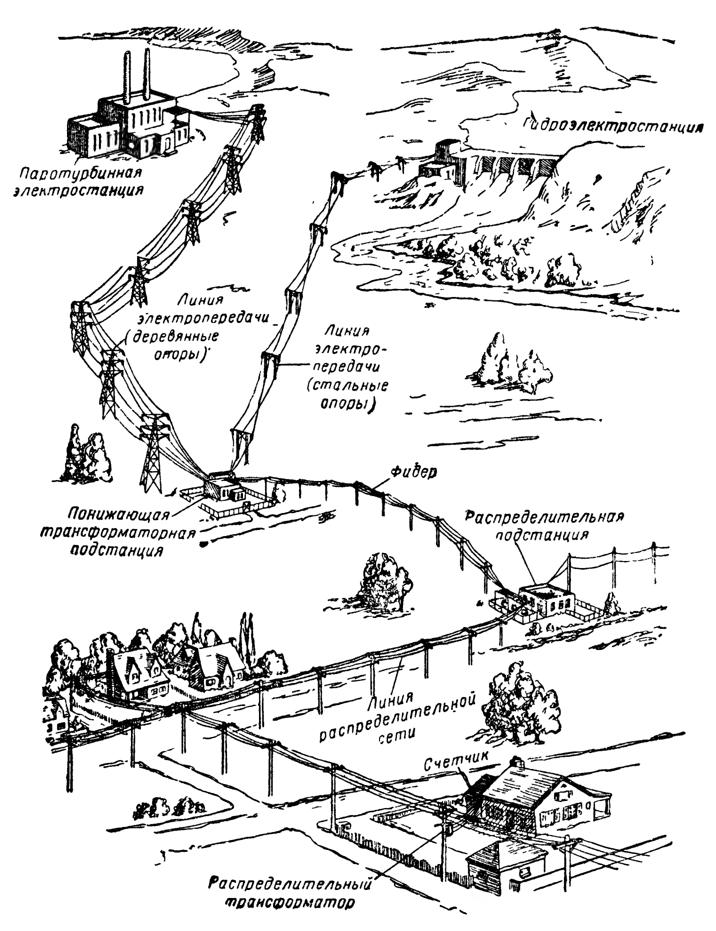


Рис. V.11. Устройство электрической сети. Электроэнергию вырабатывают как паротурбинные (тепловые) электростанции, так и гидроэлектростанции. После повышения напряжения на каждой из этих станций ток по линии высокого напряжения поступает на центральную станцию. Сюда сходятся линии электропередачи от нескольких электростанций Большие понижающие трансформаторы понижают напряжение в линиях по мере того, как последние приближаются к городу. По фидерной линии электроэнергия подводится к распределительной станции, где напряжение еще раз понижается. Отходящие от этой подстанции распределительные линии подводят электроэнергию к каждому дому.

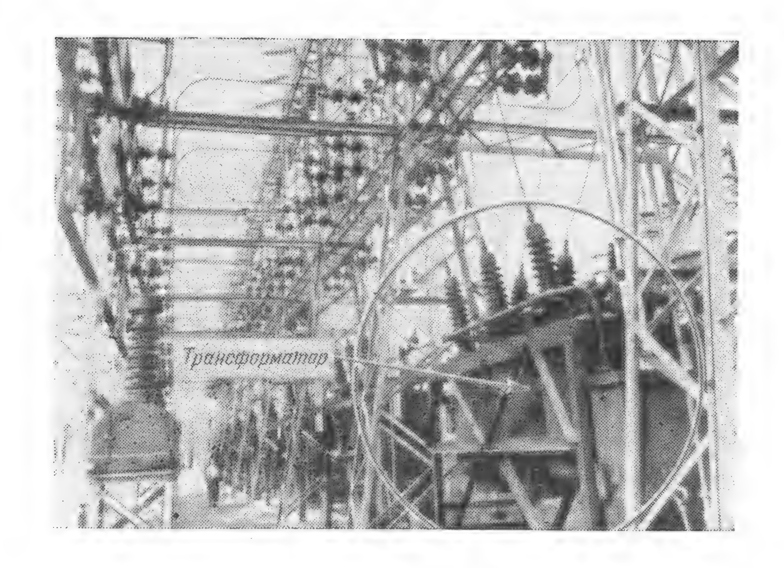


Рис. V.12. К этой подстанции подходят линии электропередачи напряжением 287 000 *в*. Огромные трансформаторы понижают это напряжение; пониженное напряжение поступает на распределительную подстанцию.

ния в линии из-за сопротивления проводов и, во-вторых, чтобы снизить бесполезный разогрев проводов проходящим по ним большим током.

Потери, обусловленные сопротивлением линии. Во внутриквартирной сети чаще всего используется напряжение 127 или 220 *в*. Если генератор расположен за много километров от города, куда по линии электропередачи должно поступать напряжение, например, 220 *в*, то потери напряжения в такой линии будут очень значительными. Для того чтобы до города дошло по линии такое напряжение, напряжение на зажимах генератора должно быть в несколько раз больше. Эти потери возникают из-за сопротивления проводов линии. Чтобы уменьшить потери, обусловленные сопротивлением проводов, обычно используют высокие напряжения, при этом ток в линии уменьшается, так что к месту потребления энергии поступает сравнительно большое напряжение.

Сильный ток. Если генератор вырабатывает напряжение 220 *в*, то для электроснабжения всех городских потребителей он должен давать очень значительный ток.

Этот ток столь велик, что невозможно построить генератор, обмотки которого будут пропускать такой ток. Трудно строить и линии электропередачи с проводами столь большого сечения, чтобы они могли пропускать ток, потребляемый в распределительной сети. При использовании высокого напряжения оказывается возможным снизить ток в линиях электропередачи.

Известно, что величина электрической мощности определяется произведением напряжения на ток. Отсюда следует, что значительную мощность можно передавать, используя либо высокое напряжение и малый ток или низкое напряжение и большой ток. Поскольку сильный ток вызывает бесполезный разогрев провода линии, поэтому необходимо его уменьшить и соответственно увеличить напряжение.

Использование линий передачи высокого напряжения. Некоторые электрогенераторы переменного тока, установленные на электростанциях, вырабатывают напряжение вплоть до десятков тысяч вольт, а в некоторых случаях и выше. Даже столь высокое напряжение недостаточно для линий электропередачи длиной несколько сот километров. Для передачи энергии на такие расстояния напряжение генератора повышается еще больше. Для повышения напряжения используется специальное устройство, называемое трансформатором (он будет рассмотрен в следующем параграфе).

После того как напряжение повышено, электрическая энергия по линиям электропередачи передается к местным распределительным станциям, называемым подстанциями. На подстанциях происходит понижение напряжения. Величина, до которой снижается напряжение, определяется местными условиями.

От подстанций расходятся распределительные силовые линии, по которым электрическая энергия поступает различным потребителям. Прежде чем ввести электричество в дом, необходимо еще раз снизить напряжение. Трансформаторы, установленные на опорах распределительной сети, снижают напряжение до 127—220 *в*. Электрический ввод в дом дает возможность пользоваться в квартире напряжением 127 или 220 *в*.

Сооружение линий электропередачи. В высоковольтных линиях электропередачи используются многожильные провода большого сечения. Многожильные провода являются более гибкими, чем одножильные;

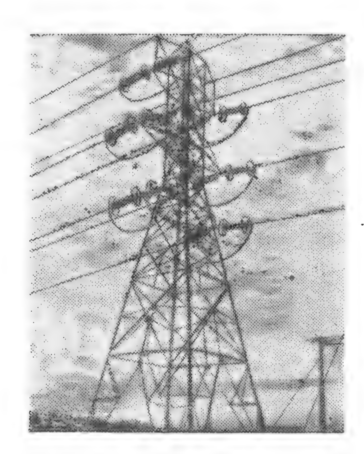


Рис. V.13. Стальная опора, поддерживающая провода линии электрической передачи.

для таких проводов меньше вероятность разрыва при качании проводов между опорами линии передачи. Провода высоковольтных линий изготовляются из нескольких медных или алюминиевых жил. Иногда вместо сплошного провода используются полые трубчатые провода. Полый трубчатый провод обладает большей прочностью, чем сплошной провод того же веса.

Опоры линии электропередачи изготовляются либо из дерева, либо из стали. Часто к вершинам опор подвешивается заземляемый трос, который служит для защиты проводов линии от ударов молнии. Молния поражает обычно предметы, расположенные в наиболее высоких точках. Поскольку заземляемый трос расположен выше других проводов, молния через заземление троса отводится в землю.

Поскольку в линиях электропередачи применяется исключительно высокое напряжение, к траверсам опор необходимо подвешивать очень большие изоляторы, на которых крепятся провода. Эти изоляторы предотвращают короткие замыкания между отдельными проводами или между каждым проводом и опорой.

Контрольные вопросы

1. В чем состоит основное различие между генераторами переменного тока и постоянного тока?
2. Каким образом приводятся во вращение генераторы на крупных электростанциях?
3. Каково назначение турбины?
4. Почему для линий электропередачи выбирается высокое напряжение?
5. Почему в линиях электропередачи применяют малый ток?
6. Назовите две основные причины выбора высокого напряжения для линии электропередачи.

7. Как определить мощность, передаваемую линией электропередачи?

8. Как называется устройство для повышения или понижения напряжения?

9. Почему необходимо снижать напряжение, поступающее в город по линии электропередачи?

10. Каково назначение заземляемого троса, подвешиваемого к вершинам опор линии электропередачи?

17. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТРАНСФОРМАТОРОВ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ И ПОНИЖЕНИЯ НАПРЯЖЕНИЯ

Возбуждение, тока в катушке индуктивности. Известно, что если в катушку индуктивности вводить стержневой магнит, то в ней будет наводиться э. д. с. Это будет происходить только в те моменты времени, когда магнит находится в движении. Наводимая э. д. с. является переменной, поскольку каждый раз, когда магнит вводится в катушку или выводится из нее, она меняет свое направление.

Возникновение и исчезновение магнитных силовых линий. При появлении или установлении магнитного поля вокруг катушки возникают магнитные силовые линии. На рис. V.14 показано, что при замыкании контактов выключателя вокруг катушки возникают и распространяются во все стороны магнитные силовые линии. Почти мгновенно полностью заканчивается образование всех магнитных силовых линий, и катушка становится электромагнитом. Когда контакты выключателя размыкаются (рис. V.15), магнитное поле начинает исчезать и катушка перестает быть электромагнитом. Каждый раз, когда контакты выключателя замыкаются, происходит образование магнитных силовых линий, когда же эти контакты размыкаются, магнитные силовые линии исчезают. При замыкании контактов выключателя образуется элек-

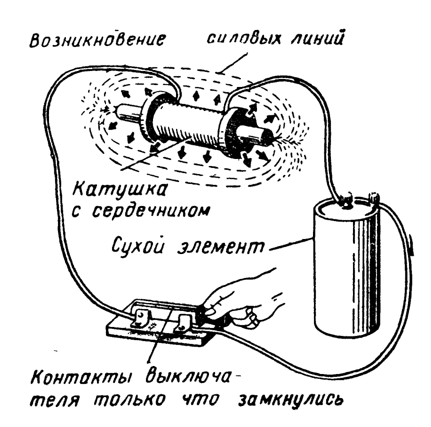


Рис. V.14. При замыкании контактов выключателя вокруг катушки распространяется магнитное поле.

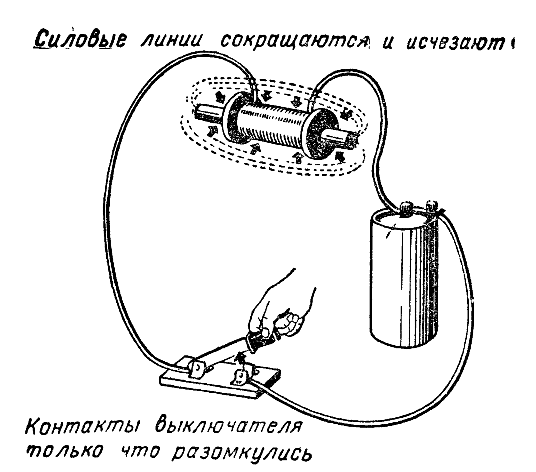


Рис. V.15. Когда контакты выключателя размыкаются, магнитное поле сокращается и исчезает.

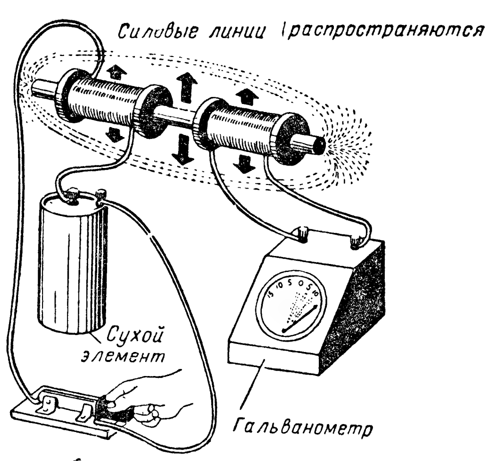


Рис. V.16. Гальванометр, подключенный к концам вторичной катушки, показывает, что при замыкании выключателем электрической цепи ток в первичной катушке наводит во вторичной катушке ток.

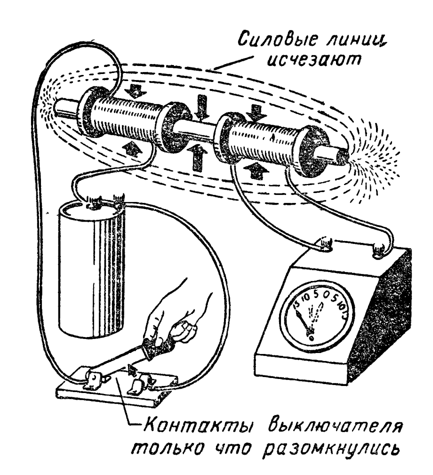


Рис. V.17. Когда ток в первичной катушке прекращается, исчезающие магнитные силовые линии наводят ток во вторичной катушке. Гальванометр показывает, что ток во вторичной катушке проходит в направлении, противоположном тому, в котором он проходил при замыкании контактов выключателя (ср. с рис. V.16).

трическая замкнутая цепь, и с этого момента начинается распространение магнитных силовых линий в пространстве вокруг катушки. Как только электрическая цепь размыкается, все магнитные силовые линии начинают двигаться обратно к катушке, причем это движение продолжается до тех пор, пока силовые линии совсем не исчезнут.

Наведение тока в катушке в помощью тока, протекающего в другой катушке. В этом случае вторая катушка располагается вблизи первой (рис. V.16). Концы катушки подсоединены к гальванометру. Когда мы замыкаем контакты выключателя, стрелка гальванометра отклоняется в одном направлении, а затем возвращается в нулевое положение. Все время, пока контакты выключателя остаются замкнутыми, стрелка гальванометра остается в нулевом положении. Как только мы разомкнем контакты выключателя, стрелка гальванометра отклонится в противоположном направлении, а затем возвратится в нулевое положение (рис. V.17). Следовательно, во второй катушке каждый раз, когда замыкаются или размыкаются контакты выключателя, наводится ток. Это происходит точно так же, как и в том случае, когда стержневой магнит вдвигается в катушку или выдвигается из нее. Пока магнит движется, в катушке наводится ток.

На рис. V.16 и V.17 показано, что ток в катушке может быть наведен при прохождении тока в другой катушке. Для того чтобы навести ток во второй катушке, нужно прервать или возбудить ток в первой катушке. Когда при замыкании контакта выключателя в цепи начинает протекать ток, вокруг катушки возникают маг-

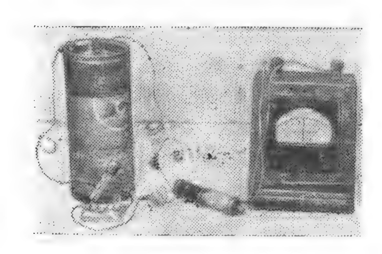


Рис. V.18. Сердечник, введенный внутрь первичной и вторичной катушек, улучшает эффективность трансформатора.

нитные силовые линии, которые при своем распространении пересекают витки второй катушки. Как только образование всех магнитных силовых линий заканчивается, магнитное поле перестает распространяться и во второй катушке больше не наводится ток. Когда контакты выключателя размыкаются, магнитные силовые линии начинают исчезать и в этом случае во второй катушке наводится ток. Как только все силовые линии исчезнут, во второй катушке ток прекращается. Поскольку ток сначала проходит в одном направлении, а затем в другом, то он является переменным.

Трансформатор. Принцип работы трансформатора основан на наведении э. д. с. или тока в одной катушке током, протекающим в другой. Первая катушка называется первичной обмоткой. В ней должен проходить ток, возбуждаемый и прекращающийся для того, чтобы создать ток во второй катушке. Вторая катушка называется вторичной обмоткой. Обе обмотки трансформатора размещаются на стержне, набранном из тонкой листовой стали (рис. V.18). Сердечник концентрирует магнитные силовые линии, благодаря этому они не рассеиваются в пространстве вокруг катушки. За счет этого трансформатор работает значительно лучше. Сердечники большинства трансформаторов набираются из множества тонких стальных пластин, изолированных электрически друг от друга (рис. V.19). Такой сер-

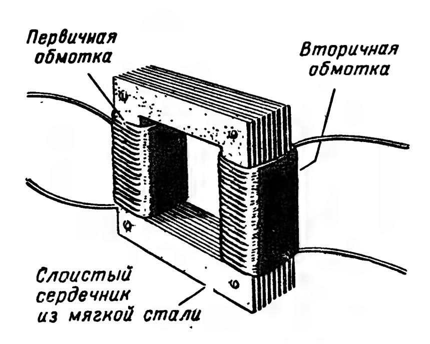


Рис. V.19. Принцип устройства трансформатора. Сердечник обеспечивает замкнутую цепь для магнитного потока.

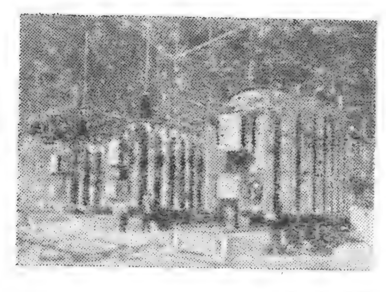


Рис. V.20. Большие трансформаторы, установленные на подстанции.

дечник дает возможность улучшить рабочие характеристики трансформатора.

Если источник переменного тока подключить к первичной обмотке трансформатора, то магнитное поле начинает появляться и затем исчезать каждый раз, когда возникает и прекращается ток. Благодаря этому во вторичной обмотке трансформатора будут наводиться э. д. с. и ток, которые также являются переменными.

Если к первичной обмотке трансформатора подключается источник постоянного тока, то для того чтобы навести ток во вторичной обмотке, необходимо в цепи первичной обмотки установить какой-либо выключатель и попеременно замыкать и размыкать его контакты.

Повышающий трансформатор. Выше отмечалось, что для передачи по линиям электропередачи тока высокого напряжения необходимо повышать напряжение, получаемое от генераторов. Для этой цели используют транс-

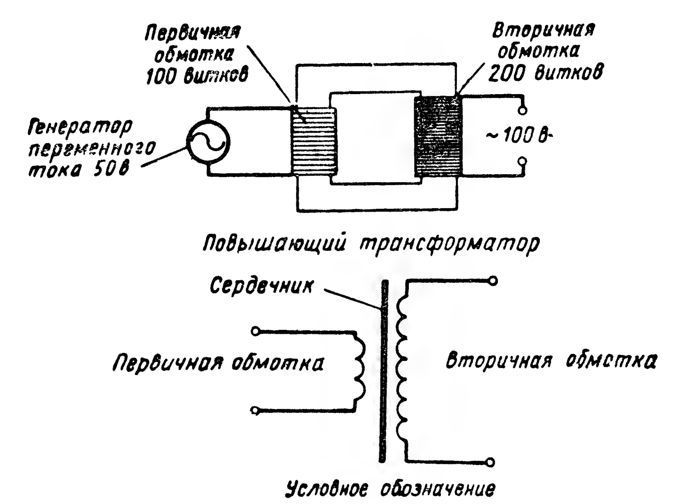


Рис. V.21. Повышающий трансформатор увеличивает напряжение.

форматоры. Первичная обмотка трансформатора может быть подсоединена непосредственно к выходным зажимам генератора.

Трансформатор является повышающим, если его вторичная обмотка содержит больше витков, чем первичная. В этом случае магнитные силовые линии пересекают сравнительно большее число витков и напряжение повышается. В трансформаторе со 100-витковой первичной обмоткой и 200-витковой вторичной обмоткой напряжение вторичной обмотки вдвое больше напряжения первичной обмотки. Отношение числа витков первичной обмотки к числу витков вторичной обмотки называется коэффициентом трансформации. Для трансформатора, изображенного на рис. V.21, коэффициент трансформации равен 1 : 2.

Повышающие трансформаторы используются во всех случаях, когда необходимо повышать напряжение. Таким способом можно увеличивать напряжение незначительно, а можно и во много раз. Если требуется напряжение 10 *в* повысить до 100 *в*, то вторичная обмотка должна содержать в 10 раз больше витков, чем первичная. Конечно, в трансформаторе имеются некоторые потери энергии, и принимаются меры, чтобы уменьшить их величину.

Понижающие трансформаторы. Высокое напряжение, поступающее в город по высоковольтной линии электропередачи, понижается на электрической подстанции. На этих подстанциях установлены трансформаторы, понижающие напряжение до такой величины, при которой обеспечивается большая безопасность работы с электрооборудованием.

В понижающих трансформаторах первичная обмотка насчитывает больше витков, чем вторичная. Поскольку вторичная обмотка содержит меньше витков, чем первичная, магнитные силовые линии пересекают меньшее число витков и напряжение понижается.

Если необходимо от источника напряжения переменного тока величиной 100 *в* получить напряжение 10 *в*, то можно воспользоваться трансформатором. В таком трансформаторе число витков у вторичной обмотки должно быть в 10 раз меньше, чем у первичной (рис. V.22).

Взаимная индукция. Из рис. V.16 и V.17 следует, что изменяющееся магнитное поле при протекании тока в одной катушке может наводить ток в другой катушке,

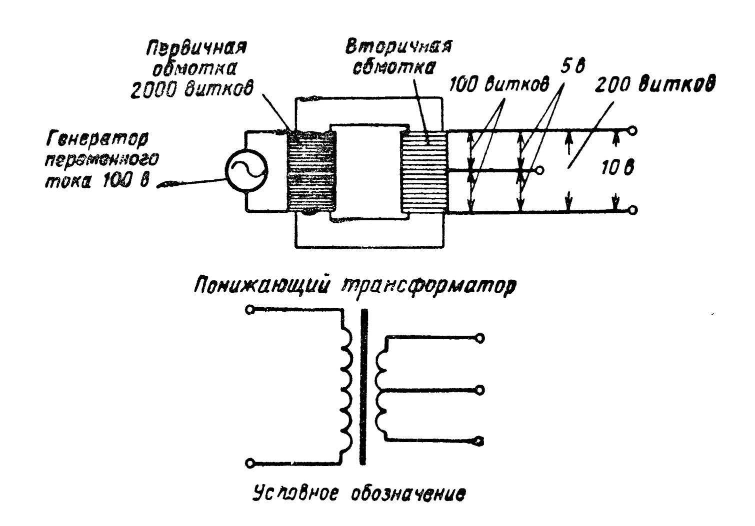


Рис. V.22. При необходимости напряжение, снимаемое со вторичной обмотки понижающего трансформатора, можно делить при помощи нескольких дополнительных отводов вторичной обмотки.

расположенной вблизи первой. Это явление называется взаимоиндукцией. На принципе взаимоиндукции основано действие всех трансформаторов.

Самоиндукция. Когда по первичной обмотке трансформатора проходит переменный ток, магнитные силовые линии изменяющегося магнитного поля, создаваемого током, проходят через сердечник и пересекают витки первичной и вторичной обмоток. В результате пересечения магнитными силовыми линиями витков первичной обмотки в ней возникает э. д. с., несколько меньшая напряжения сети, но противоположная ему по направлению. Поскольку эта э. д. с. противодействует напряжению сети, она называется противоэлектродвижущей силой или сокращенно противо-э. д. с. Свойство катушки, обусловливающее наведение противо-э. д. с., называется «самоиндукцией». Самоиндукция играет важную роль в процессе регулирования первичного тока трансформатора. Этот ток изменяется практически пропорционально току во вторичной обмотке, величина которого определяется нагрузкой. На рис. V.23 показано, как ток во вторичной обмотке трансформатора влияет на потре-

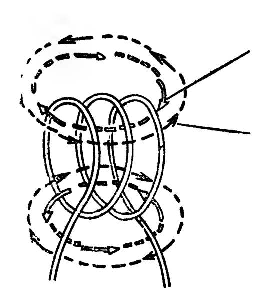


Рис. V.23. Во вторичной обмотке трансформатора, подключенного к нагрузке, возникает ток, создающий магнитное поле, направленное против поля первичной обмотки. В результате последнее ослабляется, а ток в цепи первичной обмотки увеличивается.

бляемый трансформатором ток от сети. Для упрощения сердечник трансформатора и первичная обмотка на рисунке не изображены. Выше отмечалось, что изменяющееся магнитное поле вызывает наведение в обмотках трансформатора противо- э. д. с. Явление самоиндукции наблюдается и при размыкании контактов выключателя, разрывающего электрическую цепь постоянного тока, содержащую катушку с сердечником. Это явление можно продемонстрировать, соединив сухой элемент, выключатель, катушку с сердечником и лампочку, рассчитанную на напряжение 6—8 *в* (рис.V.24). После замыкания контактов выключателя лампа начинает тускло светиться. В момент же размыкания контактов выключателя лампа на мгновение ярко вспыхивает. Во время короткого периода, когда ток в катушке нарастает, увеличивающееся магнитное поле создает в катушке противо-э. д. с., уменьшающуюся по мере при-

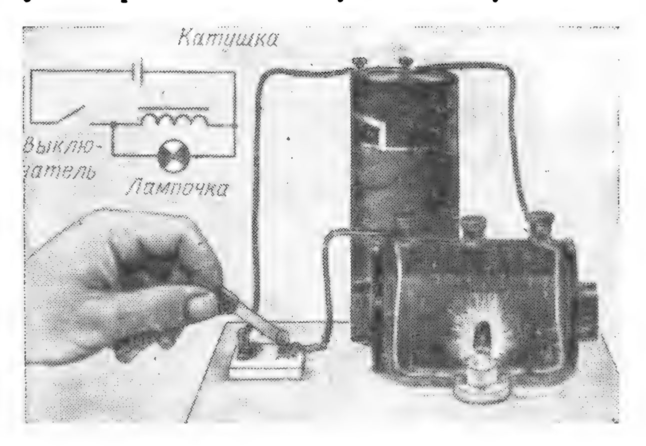


Рис. V.24. Опыт, поясняющий возникновение противо-э д с.

ближения значения тока к максимальной величине. Когда контакты выключателя размыкаются, магнитное поле быстро исчезает и при этом в катушке наводится противо-э. д. с., во много раз превышающая э. д. с. сухого элемента. В связи с этим через лампочку проходит сравнительно большой ток и она ярко вспыхивает.

Реактивное сопротивление. Если с помощью обычного омметра измерить сопротивление первичной обмотки трансформатора звонка, то его величина окажется равной примерно 250 *ом*. Если напряжение сети равно, например, 127 *в*, то, используя закон Ома, можно определить ток, который, по-видимому, должен протекать через первичную обмотку трансформатора. Такой расчет показывает, что ток через первичную обмотку должен быть равен примерно 0,5 *а*. Это означает, что за 24 часа звонок потребляет примерно 1 500 ватт-часов, т. е. весьма много электроэнергии.

Если же последовательно с первичной обмоткой трансформатора включить амперметр переменного тока и подсоединить трансформатор к сети переменного тока 127 *в*, то отклонение стрелки прибора будет почти незаметным. Только тогда, когда мы подключим нагрузку ко вторичной обмотке трансформатора, обнаружится незначительное отклонение стрелки.

Попытаемся объяснить различие между рассчитанным и измеренным значениями первичного тока. Когда мы измеряем сопротивление первичной обмотки трансформатора при помощи омметра, то величина этого сопротивления — 250 *ом* — не изменится, если весь провод, из которого намотана катушка, вытянуть в одну линию. Когда мы наматываем из провода катушку, это не сказывается на его сопротивлении для постоянного тока.

Если же мы подключаем трансформатор к сети переменного тока напряжением 127 *в*, то в катушке развивается противо э. д. с., препятствующая увеличению или уменьшению тока, в результате чего через обмотку проходит очень небольшой ток. Свойство катушки препятствовать изменению тока называется реактивностью или в данном случае «индуктивным сопротивлением». Величина индуктивного сопротивления выражается в омах и обозначается латинской буквой X_L. Индекс X_L показывает, что реактивность обусловлена индуктивностью. Реактивным сопротивлением обладают и конденсаторы.

Полное сопротивление цепи. Итак, реактивное сопротивление уменьшает величину переменного тока в электрической цепи. Если бы мы могли изготовить катушку из очень толстого провода, которая бы практически совсем не имела сопротивления, то рассчитать ток, проходящий через нее, можно было бы путем замены R на X_L в формуле закона Ома, т. е. по формуле $I = E/X_L$.

Однако ввиду того, что все проводники обладают сопротивлением, его величину также необходимо учитывать при расчете цепей переменного тока, содержащих катушки или индуктивности. С учетом этого вычисляют так называемое полное сопротивление переменному току. Оно обозначается буквой Z и выражается в омах. Формула для определения полного сопротивления имеет вид

$$Z = \sqrt{R^2 + X_L{}^2},\ \text{ом}.$$

Коэффициент трансформации трансформатора. Соотношение между напряжениями или витками первичной и вторичной обмоток трансформатора называется коэффициентом трансформации. Используя формулу для нахождения коэффициента трансформации, можно определить либо выходное напряжение, либо необходимое число витков вторичной обмотки, если задано входное напряжение (напряжение на первичной обмотке) или число витков первичной обмотки. Формула, выражающая коэффициент трансформации, имеет следующий вид:

$$\frac{\text{первичные витки}}{\text{вторичные витки}} = \frac{\text{первичное напряжение}}{\text{вторичное напряжение}}.$$

Применяя условные обозначения для величин, входящих в эту формулу, мы можем выразить ее так:

$$\frac{n_{\text{перв}}}{n_{\text{втор}}} = \frac{U_{\text{перв}}}{U_{\text{втор}}}.$$

В этой формуле $n_{\text{перв}}$ — число витков первичной обмотки; $n_{\text{втор}}$ — число витков вторичной обмотки; $U_{\text{перв}}$ — первичное напряжение; $U_{\text{втор}}$ — вторичное напряжение.

Воспользуемся формулой для коэффициента трансформации, чтобы определить, сколько витков должна насчитывать вторичная обмотка силового трансформатора, чтобы с нее можно было снять 300 *в*, если число витков в первичной обмотке равно 500, а первичное на-

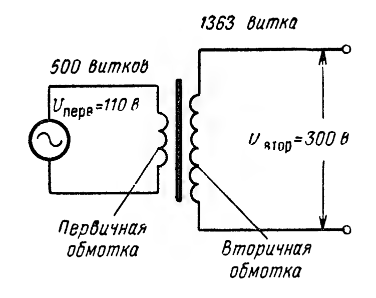


Рис. V.25. Для расчета необходимого числа витков вторичной обмотки трансформатора используется формула, определяющая коэффициент трансформации.

пряжение равно 110 *в* переменного тока. В этом случае

$$\frac{500}{n_{втор}}=\frac{110}{300},\ \text{т. е. } n_{втор}=\frac{500\cdot 300}{110}=\frac{150000}{110};$$

$$n_{втор}=1363{,}6 \text{ витка.}$$

Потери в трансформаторных обмотках. Силовые трансформаторы весьма эффективны, однако и им свойственны потери электрической энергии. Провод, из которого наматываются первичная и вторичная обмотки трансформатора, имеет некоторое сопротивление (активное), в котором при прохождении тока выделяется тепло, т. е. рассеивается энергия. Если через трансформаторные обмотки проходит слишком большой ток, то они чрезмерно нагреваются, и в результате этого трансформатор может сгореть. Потери энергии в обмотках

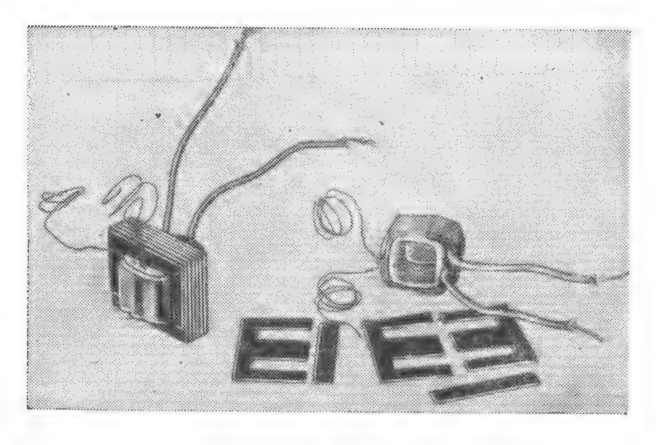


Рис. V.26. Слева изображен небольшой понижающий трансформатор. Справа показаны пластины, из которых набирается сердечник, а также первичная и вторичная обмотки.

иногда называют потерями в меди (обмотки выполняются из медного провода). Трансформаторы характеризуются допустимым напряжением и током для каждой из обмоток. Когда нужен трансформатор, обмотки которого должны пропускать сильный ток, их наматывают толстым проводом.

Потери на вихревые токи. В трансформаторе имеется еще один вид потерь энергии. Эти потери происходят в сердечнике. Поскольку сердечник является проводником электричества, магнитные силовые линии, пересекающие сердечник, наводят в нем токи. Эти токи в сердечнике называются вихревыми. Они бесполезно нагревают сердечник.

Потери на вихревые токи снижаются путем применения слоистых сердечников, т. е. сердечников, набранных из тонких пластин (листов) магнитно-мягкой стали (рис. V.26). Отдельные пластины сердечника покрываются шеллаком или лаком, так что в сердечнике пластины оказываются изолированными друг от друга. Благодаря применению слоистых сердечников сокращаются пути для вихревых токов, а в результате этого снижаются и потери на вихревые токи.

Гистерезисные потери в трансформаторе. Каждый раз, когда переменный ток в обмотках трансформатора изменяет свое направление, меняется также и полярность элементарных магнитов сердечника. Этот процесс во многом совпадает с процессом ориентации полюсов элементарных магнитов в стальном образце, когда мы несколько раз слегка ударяем по этому образцу постоянным магнитом. Когда удары производятся одним из полюсов, элементарные магниты устанавливаются в одном направлении, а когда другим — то в противоположном. Трение, возникающее между элементарными магнитами при их переориентации, вызывает нагрев стали.

Когда переменный ток воздействует на сердечник трансформатора, его элементарные магниты находятся в движении и в результате в сердечнике бесполезно выделяется тепло. Эти потери энергии в сердечнике называются гистерезисными потерями. Для того чтобы уменьшить потери на гистерезис, в сердечнике трансформатора используют магнитно-мягкую сталь.

Мощность трансформатора. Трансформатор не является генератором мощности. Под этим подразумевается,

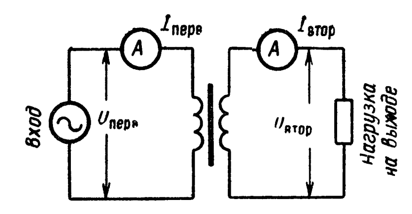


Рис. V.27. Входную мощность трансформатора можно определить путем умножения входного тока на входное напряжение. Выходную мощность трансформатора можно определить умножая выходной ток на выходное напряжение. Эти величины отличаются на величину потерь в трансформаторе.

что если его мощность во вторичной обмотке равна 100 *вт*, то мощность, затрачиваемая в первичной обмотке, должна быть не меньше 100 *вт*. Другими словами, мы не можем получить от трансформатора больше мощности, чем мы в него вводим. Коэффициент полезного действия трансформатора получается меньше 100%. Это объясняется потерями в меди, потерями на гистерезис и вихревые токи. В результате всех этих потерь мощность во вторичной обмотке всегда меньше чем в первичной. Тщательно сконструированные силовые трансформаторы имеют к. п. д. около 95%.

Каждый силовой трансформатор рассчитан на определенное первичное напряжение и определенный (максимально допустимый) ток. Эти величины, в свою очередь, определяют мощность трансформатора. Используя формулу для расчета мощности, можно рассчитать мощность на входе трансформатора. Так, например, если напряжение на первичной обмотке трансформатора равно 117 *в*, а максимальный допустимый ток для первичной обмотки равен 2 *а*, то можно определить мощность P следующим путем:

$$P = UI = 117 \times 2 = 234 \text{ вт}.$$

Если бы к. п. д. трансформатора равнялся 100%, то мощность во вторичной обмотке была бы равна мощности во входной первичной обмотке и, следовательно, мощность в выходной вторичной обмотке также равнялась бы 234 *вт*. Поскольку к. п. д. трансформатора не равен 100%, формула для расчета мощности приобретает вид

$$P_{вых} = P_{вх}\eta,$$

где η — коэффициент полезного действия (к. п. д.). Эту формулу можно также записать в таком виде:

$$U_{втор} I_{втор} = \eta U_{перв} I_{перв}.$$

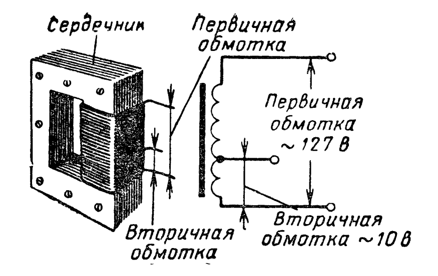


Рис. V.28. В автотрансформаторе применяется одна обмотка, выполняющая одновременно роль и первичной, и вторичной обмотки.

Здесь $U_{втор}$ — вторичное напряжение; $I_{втор}$ — вторичный ток; η = к. п. д.; $U_{перв}$ — первичное напряжение; $I_{перв}$ — первичный ток.

Автотрансформатор. Однообмоточный трансформатор, изображенный на рис. V.28, называется автотрансформатором. Одна часть его обмотки используется в качестве первичной, и она же и другая часть в качестве вторичной. Автотрансформатор может быть как повышающим, так и понижающим. Расчет автотрансформатора основан на тех же принципах, что и расчет обычного двухобмоточного трансформатора, поскольку и здесь ток в первичной обмотке наводит напряжение во вторичной.

В понижающем трансформаторе во вторичной обмотке меньше витков, чем в первичной. Как показано на рис. V.28, вторичное напряжение снимается с автотрансформатора при помощи отвода. Вторичное напряжение можно понизить, взяв для вторичной обмотки меньшее число витков, или повысить, использовав большее число витков.

В понижающем автотрансформаторе в качестве вторичной обмотки используется только часть витков первичной. Для того чтобы со вторичной обмотки снять максимальное напряжение, пользуются внешними выводами всей трансформаторной катушки (рис. V.29).

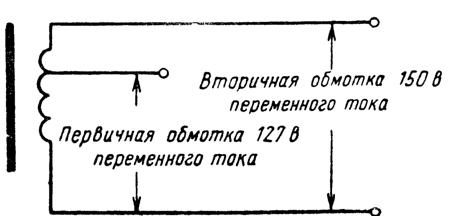


Рис. V.29. Этот повышающий автотрансформатор повышает напряжение со 127 до 150 *в*.

Автотрансформатор с регулируемым вторичным напряжением должен содержать несколько отводов (отпаек), а также подвижный контакт, служащий для установки необходимого напряжения. Схема автотрансформатора приведена на рис. V.30. Он может служить как в качестве понижающего, так и в качестве повышающего. Такой автотрансформатор позволяет получать различные напряжения. Промышленность выпускает целый ряд автотрансформаторов с регулируемым вторичным напряжением.

Области применения трансформаторов. Трансформаторы находят многочисленные применения. Все типы трансформаторов используются в быту и в промышленности. Можно сконструировать трансформатор, у которого будет несколько вторичных обмоток. Так, например, в трансформаторе радиоприемника один комплект вторичных обмоток повышает напряжение до 300 *в*, в то время как еще одна отдельная обмотка понижает напряжение до 6 *в*. Вообще, представляется возможным использовать столько вторичных обмоток, сколько необходимо, причем часть из них может быть понижающими, а часть — повышающими.

Так, например, трансформаторы, применяемые в системе привода поезда игрушечной железной дороги, понижают напряжение 127 *в* переменного тока до 5—25 *в*. Это пониженное напряжение подается на зажимы двигателя игрушечного локомотива. Благодаря понижению напряжения все части схемы оказываются безопасными.

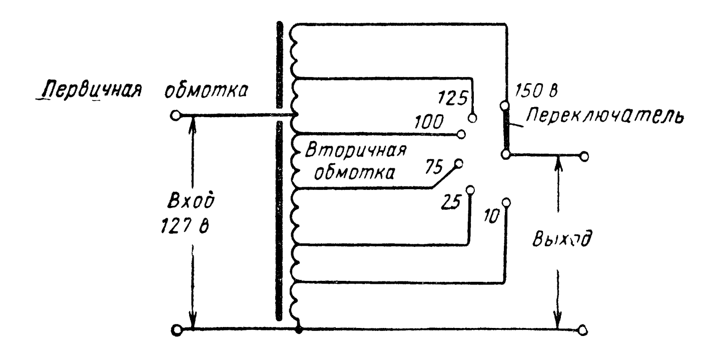


Рис. V.30. Автотрансформатор с регулируемым выходным напряжением; для выбора нужного напряжения используется многопозиционный переключатель.

В телевизоре применяется несколько различных трансформаторов.

ИНТЕРЕСНЫЕ САМОДЕЛКИ И ЗАДАНИЯ

1. Изготовление трансформатора

Необходимые материалы:

Деревянное основание 12×75×130 *мм*	1
Трубка из картона, фибры или пластика ∅ 25 *мм* длиной 45 *мм*	1
Прокладки фибровые толщиной 3 *мм* с внешним диаметром 45 *мм*	2
Мягкая стальная проволока ∅ 0,7—1,3 *мм* (разрезать примерно на 200 кусков длиной по 13 *см* каждый)	26 *м*
Катушка обмоточного провода с эмалевой изоляцией ∅ 0,5 *мм*	1
Катушка обмоточного провода с эмалевой изоляцией ∅ 1 *мм*	1
Многожильный изолированный медный провод	0,6 *м*
Кусок листовой стали толщиной 0,5 *мм* 30×150 *мм* . .	1
Кусок листовой стали толщиной 0,5 *мм* 12×75 *мм* . .	1
Зажимы	2

Трансформатор рассчитан на выходное напряжение 12 *в*. Его можно использовать для электропитания самодельных приборов, описанных в этой книге.

Изготовьте каркас для катушки трансформатора, для чего вырежьте круглое отверстие в центре каждой фибровой прокладки. Диаметр отверстий должен быть таким, чтобы в отверстие плотно входил конец трубки диаметром 25 *мм* (рис. V. 34). Приклейте прокладки к трубке и просверлите отверстие диаметром 2,5 *мм* в одной из прокладок вблизи трубки. Отрежьте кусок многожильного медного провода длиной 15 *см* и вставьте один из его концов в отверстие, просверленное в фибровой прокладке. Припаяйте другой конец этого провода к концу

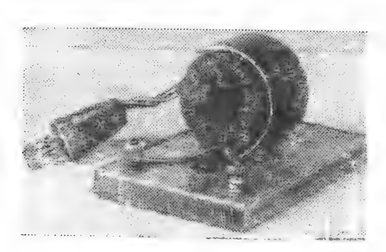


Рис. V.31. Понижающий трансформатор.

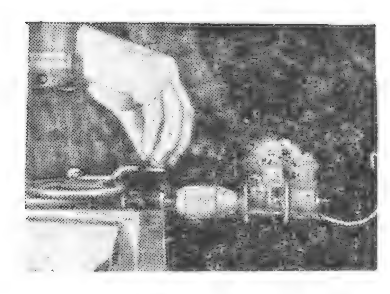
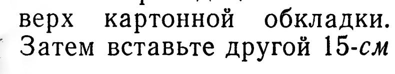


Рис. V.32. Применение зажатой в тиски ручной дрели для намотки трансформатора. Каркас катушки надет на длинный болт. Один из концов болта закреплен в патроне ручной дрели. Необходимо определить, сколько оборотов патрона приходится на один оборот ручки. При намотке одной рукой нужно подавать провод, а другой поворачивать ручку дрели.

обмоточного провода, намотанного на катушку. Обмотайте место соединения изоляционной лентой и приступайте к намотке 1 800 витков провода на каркас катушки. Процесс намотки пояснен на рис. V.32. Во время намотки между слоями обмотки полезно делать прокладки из тонкой бумаги. Наматывайте провод на катушку как можно ровнее, а когда закончите намотку, осторожно просверлите еще одно отверстие диаметром 2,5 *мм* в другой прокладке вблизи последнего слоя обмоточного провода. Отрежьте другой кусок провода длиной 15 *см* и вставьте один из его концов во вновь просверленное отверстие. Припаяйте конец провода к концу намотанной обмотки и изолируйте место соединения изоляционной лентой. Оберните обмотку слоем тонкого картона. На этом заканчивается изготовление первичной обмотки.

Просверлите в фибровых прокладках два отверстия диаметром 2,5 *мм* против тех, которые были просверлены раньше. Одно из отверстий нужно просверлить вблизи картонной оболочки, охватывающей обмотку, а другое — вблизи наружного края прокладки. Отрежьте кусок многожильного провода длиной 15 *см* и проденьте один из его концов через внутреннее отверстие в прокладке. Припаяйте его конец к концу намотанного на катушку обмоточного провода, обмотайте место соединения изоляционной лентой и намотайте 200 витков провода ∅ 1 *мм* по-



верх картонной обкладки. Затем вставьте другой 15-*см*

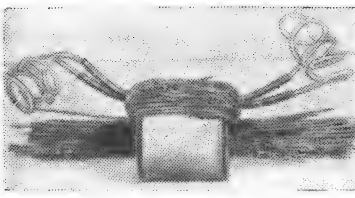


Рис. V.33. Сердечник, набранный из проволок, вставляется в отверстие в каркасе катушки Концы проводов согнуты таким образом, что они касаются друг друга.

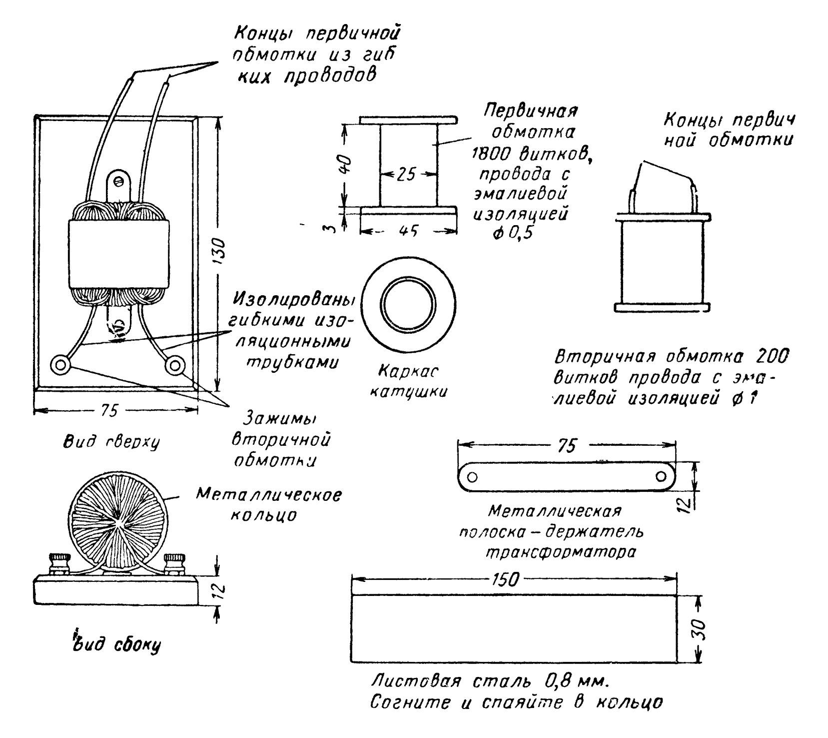


Рис. V.34. Общий вид и детали понижающего трансформатора.

кусок многожильного провода через наружное отверстие в прокладке и припаяйте его конец к концу обмоточного провода внешней трансформаторной обмотки. Изолируйте место соединения изоляционной лентой. Закройте наружную трансформаторную обмотку несколькими слоями картона. На этом заканчивается изготовление вторичной обмотки.

Заполните отверстие в каркасе трансформаторной катушки кусками нарезанной стальной проволоки длиной по 13 *см* так, чтобы с каждой стороны каркаса выступали равные по длине концы проволок (см. рис. V.33). В центр отверстия в каркасе введите с усилием еще несколько кусков проволоки так, чтобы все проволоки были плотно прижаты одна к другой. Согните выступающие концы кусков проволоки так, чтобы они, охватывая катушку извне, накладывались друг на друга на участке длиной порядка 10 *мм*; если необходимо, отрежьте выс-

тупающие концы. Для того чтобы куски стальной проволоки не повредили изоляцию на выводах трансформаторных обмоток, натяните на них изоляционные трубки. Из куска листовой стали 30×150 *мм* сделайте кольцо такого размера, чтобы оно могло служить кожухом для трансформатора, и наденьте его поверх обмоток и проволочного сердечника. Из стального листа вырежьте полоску длиной 75 *мм* и шириной 12 *мм*, просверлите ее так, как показано на рис. V.34, и затем припаяйте эту полоску к стальному кольцу — кожуху. Назначение этой полоски — служить держателем, с помощью которого кожух крепится к деревянному основанию. Ввинтите в основание два зажима и закрепите на этом же основании трансформатор так, чтобы концы вторичной обмотки были с той же стороны, что и зажимы. Подсоедините концы вторичной обмотки к зажимам. Подсоедините к концам первичной обмотки электрический шнур со штепсельной вилкой на конце. Проверьте трансформатор.

Контрольные вопросы

1. Каким образом с помощью стержневого магнита наводится ток в проволочной катушке?
2. Объясните, что происходит с магнитными силовыми линиями вокруг катушки, когда в ней начинает проходить или прекращается ток?
3. Что необходимо для того, чтобы навести ток в одной катушке посредством тока, протекающего в другой катушке?
4. Назовите обмотки трансформатора.
5. Какой ток обычно проходит во вторичной обмотке трансформатора?
6. Какой ток должен проходить в первичной обмотке, чтобы навести ток во вторичной обмотке?
7. В чем различие между повышающим и понижающим трансформатором?
8. Если первичная обмотка повышающего трансформатора насчитывает 400 витков, а вторичная обмотка — 1 200 витков, то во сколько раз такой трансформатор повышает напряжение?
9. Назовите ряд применений понижающего трансформатора.
10. Наково назначение сердечника трансформатора?
11. Как в трансформаторе проявляется взаимоиндукция?
12. Что такое противо-э. д. с.?
13. Что понимают под реактивным (индуктивным) сопротивлением?
14. Из чего складывается полное сопротивление электрической цепи?
15. К источнику переменного тока напряжением 127 *в* подключен трансформатор, первичная обмотка которого насчитывает 400 витков. Сколько витков должна насчитывать вторичная обмотка, чтобы получить на ней 10 *в*?

16. Чем определяются потери в меди в трансформаторе?
17. Благодаря чему уменьшаются потери в трансформаторе, обусловленные вихревыми токами?
18. Почему для сердечника трансформатора используется магнитно-мягкая сталь?
19. Объясните, почему мощность на входе трансформатора не равна мощности на его выходе?
20. Чем автотрансформатор отличается от обычного трансформатора?

18. ЗАЩИТА ДОМОВОЙ ЭЛЕКТРОПРОВОДКИ И ЭЛЕКТРОПРИБОРОВ

Электрический ввод в дом (квартиру). На местной подстанции электрическое напряжение понижается и затем передается по распределительной сети. Напряжение распределительной сети в населенной местности обычно равно 2 400 *в* или выше. Перед вводом электричества в дом напряжение должно быть снова понижено. Для этой цели используется понижающий трансформатор, который обычно устанавливается в специальном здании или на опорах распределительной сети.

Для ввода в дом напряжение 127 или 220 *в* могут использоваться два провода (рис. V.35). Провода, вводимые в дом, подключаются к электросчетчику, который измеряет и регистрирует количество электроэнергии.

Распределение электроэнергии. Рядом с электросчетчиком обычно располагается распределительный щиток. Он представляет собой коробку, в которой расположен выключатель, служащий для выключения электроэнергии одновременно во всем доме, а также предохранительные приборы, служащие для защиты различных бытовых электроприборов. Для защиты приборов применяются плавкие предохранители или автоматические выключатели. Они размыкают электрическую цепь тогда, когда в ней начинает проходить слишком большой ток. При таком токе провода в доме перегреваются и возможен пожар.

Итак, предохранительное устройство защищает цепи от коротких замыканий, а также от перегрузок. Короткие замыкания часто происходят в тех случаях, когда изнашивается изоляция на электрических шнурах электробытовых приборов, например настольной лампы. Когда изоляция нарушается, провода могут касаться друг друга, и если шнур лампы включается в розетку, то происходит короткое замыкание. Чтобы исключить возмож-

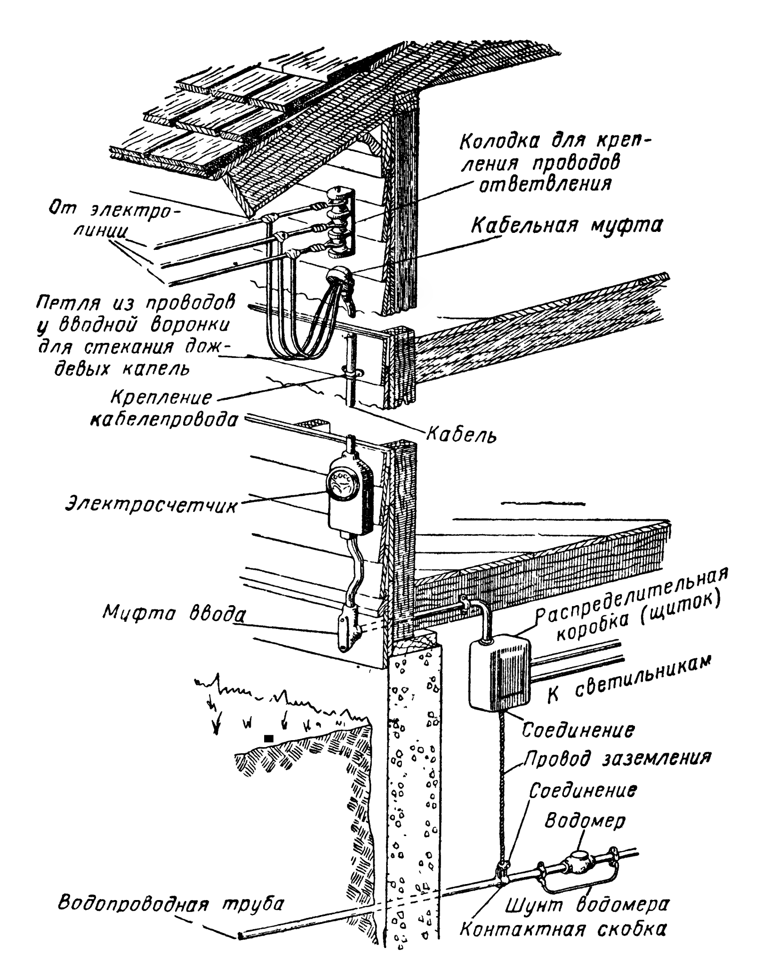
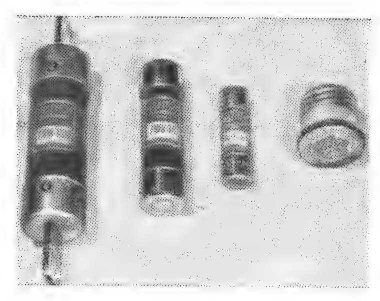


Рис. V.35. Основные части электрического домового ввода.

ность пожара, предохранительное устройство размыкает цепь, и в результате этого ток прекращается. После того как шнур отремонтирован, можно сменить предохранитель или установить в нормальное положение автоматический выключатель.

Если к штепсельным розеткам домовой электропроводки подключено слишком много электроприборов, то ток, необходимый для этих приборов, будет слишком велик, что может вызвать перегрев электропроводов. Это



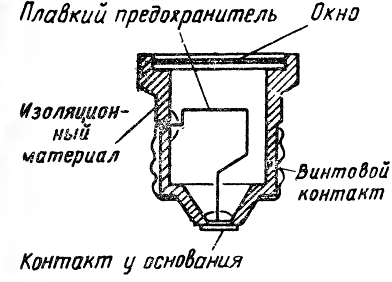


Рис. V.36 Рис. V.37

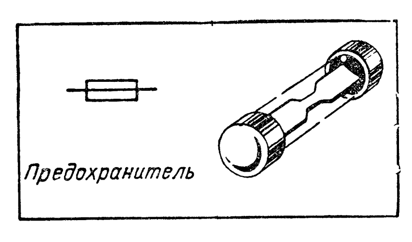
Рис. V.36. Слева изображены три трубчатых предохранителя. Справа — предохранитель винтового типа.

Рис. V.37. Конструкция предохранителя винтового типа, используемого в домовой электропроводке.

также предотвращается предохранительными устройствами, размыкающими цепь.

В домовой электросети обычно бывает от трех до шести ветвей, причем в каждой ветви устанавливается отдельный предохранитель и автоматический выключатель. Если домовая электросеть состоит из отдельных ветвей, то при перегрузке или коротком замыкании ток выключается только в одной части дома. Остальные ветви можно продолжать использовать и при ремонте вышедшей из строя цепи.

Плавкие предохранители. Плавкие предохранители имеют различные конструкции (рис. V.36). В домовой



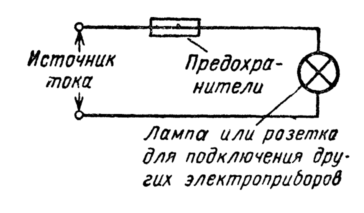


Рис. V.38 Рис. V.39

Рис. V.38. Условное обозначение плавкого предохранителя.

Рис. V.39. Предохранитель включается в электрическую цепь последовательно, т. е. так же, как и выключатель. Через предохранитель протекает весь ток, проходящий через эту электрическую цепь. Если ток в цепи начинает превышать расчетный, предохранитель «перегорит» и цепь разомкнется.

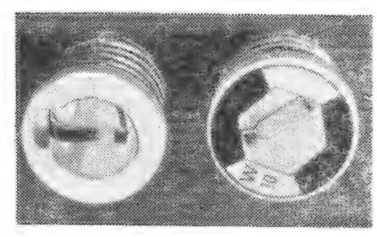


Рис. V.40. Годный предохранитель (слева) и перегоревший предохранитель (справа). Предохранитель помещается в корпус, что делает безопасным его ввинчивание, а также предотвращает распыление горячего металла в тот момент, когда предохранитель перегорает.

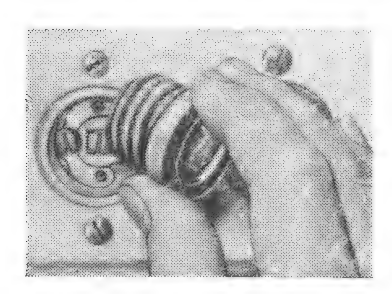


Рис. V.41. Ввинчивание предохранителя (пробки).

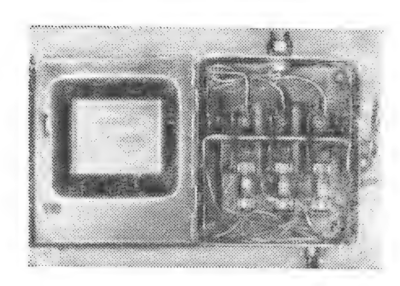


Рис. V.42. В этой распределительной коробке установлены предохранители трубчатого типа, а также выключатель, одновременно отключающий все электроприборы.

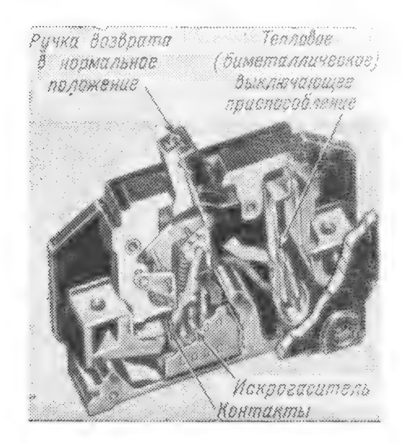


Рис. V.43. Автоматический выключатель в разрезе.

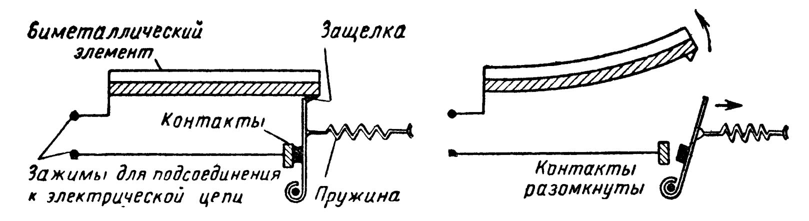


Рис. V.44. Пояснение принципа действия автоматического выключателя с тепловым (биметаллическим) элементом. Когда биметаллическая полоска не нагрета, защелка удерживает контакты в замкнутом положении. Если через зажимы реле протекает слишком большой ток, то биметаллический элемент расширяется и изгибается кверху. Защелка отпускает рычажок и пружина размыкает контакты. Для того чтобы снова замкнуть контакты выключателя, его нужно вернуть в нормальное состояние.

электросети 127 или 220 *в* часто используют ввинчивающиеся предохранители. Предохранители в виде патронов применяются в сильноточных электроцепях, а также в электроцепях с напряжением 127 и 220 *в*.

Важнейшей частью предохранителя является тонкая полоска металла, которая плавится, когда ток сильно возрастает (рис. V.37). Размеры полоски выбираются в зависимости от величины тока (в амперах), который должен протекать через полоску, не расплавляя ее. На каждом предохранителе указано, на какую силу тока он рассчитан. В большинстве ветвей домовой электросети устанавливаются 15-*а* предохранители. Очень важно, чтобы были установлены именно такие предохранители, а не предохранители на большие токи. Если будут поставлены предохранители, рассчитанные на больший ток, они не будут разрывать цепь при ее перегрузке, и в результате перегрева проводов может возникнуть пожар.

Применение автоматических выключателей. Для защиты электрических цепей в новых домах обычно применяются автоматические выключатели (рис. V.43). Они автоматически разрывают цепь в том случае, если через нее проходит слишком большой ток. Этот автоматический выключатель представляет собой сочетание выключателя и предохранительного устройства. Когда выключатель установлен в положение «включено», контакты автоматического выключателя замкнуты. Если в цепи происходит короткое замыкание или перегрузка, автоматический выключатель разрывает цепь. После того как причина короткого замыкания устранена или нагрузка

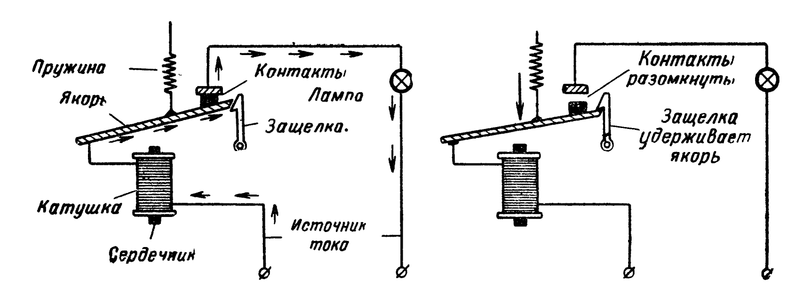


Рис. V.45. Пояснение принципа действия магнитного выключателя. Через катушку проходит полный ток электрической цепи. Когда выключатель установлен в нормальное положение, его контакты замкнуты и по цепи может проходить ток. Если через электрическую цепь начинает протекать слишком большой ток, якорь притягивается к сердечнику катушки и в результате размыкаются контакты. После того как контакты размыкаются, защелка удерживает якорь от перемещения вверх и контакты не могут снова замкнуться. Стрелки показывают направление тока.

уменьшена, автоматический выключатель может быть возвращен в исходное положение, для чего необходимо сначала установить его в положение «выключено», а затем в положение «включено».

Применение автоматических выключателей исключает необходимость поисков перегоревшего предохранителя, а также возможность пожара. Автоматические выключатели, так же как и предохранители, маркируются по допустимому для них току. Выпускаются два типа автоматических выключателей — с тепловым (биметаллическим) элементом и магнитный.

Автоматический выключатель с тепловым элементом. В автоматическом выключателе с тепловым элементом используется полоска, изготовленная из двух различных металлов, которые приварены друг к другу или скреплены заклепками. Когда через эту биметаллическую полоску протекает большой ток, оба металла нагреваются. Благодаря нагреву металлы расширяются, но так как полоска составлена из двух различных металлов, один расширяется сильнее, чем другой, и тепловой элемент изгибается кверху. В результате изгиба и отклонения конца теплового элемента пружина выключателя размыкает контакты (рис. V.44). Величина тока, необходимая для размыкания контактов, зависит от конструкции теплового элемента.

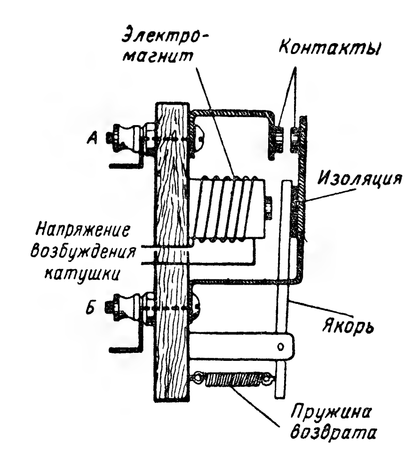
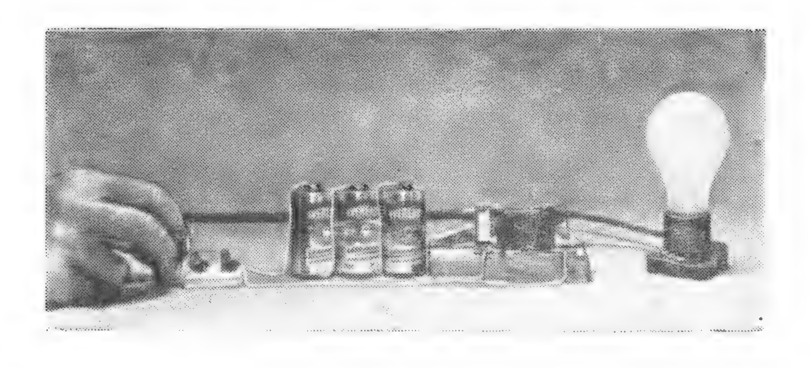


Рис. V.46. Реле с нормально разомкнутыми контактами. Когда по катушке проходит ток, якорь притягивается к электромагниту, в результате этого происходит замыкание контактов. Цепь между зажимами *А* и *Б* оказывается замкнутой, и ток проходит через те части реле, которые на рисунке показаны жирными линиями.

Магнитные выключатели. В магнитном выключателе для размыкания контактов цепи применяется электромагнитная катушка (рис. V.45). Катушка включается в электрическую цепь последовательно, так что через нее протекает полный ток электрический цепи. Когда ток становится очень большим, к катушке притягивается ме-



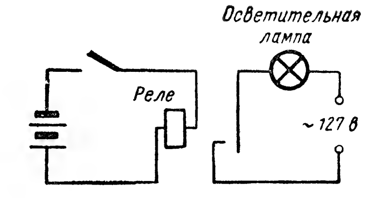


Рис. V.47. Низковольтная релейная цепь, управляющая электрической цепью, питающейся от источника 127 *в* переменного тока. На схеме цепь повышенного напряжения изображена справа.

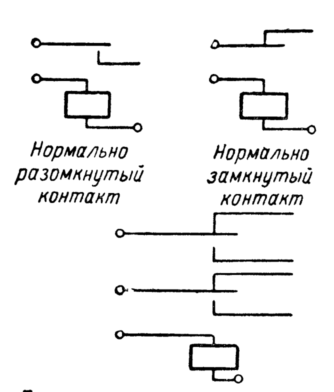


Рис. V.48. Условное изображение трех различных типов контактов, используемых в реле.

таллический стержень, называемый якорем. Якорь размыкает контакты и тем самым разрывает цепь тока.

Как автоматический выключатель с тепловым элементом, так и магнитный выключатель возвращаются в нормальное положение вручную, при этом их контакты замыкаются.

Реле. Устройство, принцип действия которого аналогичен принципу действия магнитного выключателя, называется реле. Реле иногда называют электрически управляемыми выключателями. Они обладают многими преимуществами перед выключателями, управляемыми вручную. В случае необходимости замыкания и размыкания высоковольтных цепей реле дает возможность управлять этими цепями, не подвергая оператора риску попасть под высокое напряжение. С помощью реле значительно упрощается управление сильноточными цепями.

Основными элементами реле являются катушка, магнитный сердечник, якорь и контактная группа. На рис. V.46 показано реле с нормально разомкнутыми контактами. Когда по катушке протекает ток, магнитный поток становится достаточно большим и сила магнитного притяжения способна преодолеть усилие пружины, в результате чего якорь притягивается к сердечнику. Это перемещение якоря замыкает контакты. Контакты, соединенные с зажимами *А* и *Б* реле, служат для той же цели, что и контакты обычного выключателя. Если контакты замкнуты, то через зажимы *А* и *Б* проходит ток.

Управление высоким напряжением. Управлять замыканием (и размыканием) контактов реле можно при наличии сравнительно низкого напряжения, при этом сами контакты реле можно использовать для управления высоковольтной цепью. Применение реле делает возможным дистанционное управление (телеуправление) электрическими цепями, поскольку переключатель, управ-

ляющий реле, может быть расположен на значительном расстоянии от самого реле. На схеме рис. V. 47 показан пример управления цепью повышенного напряжения при помощи низковольтной цепи. Три сухих элемента, соединенные последовательно, дают напряжение 6 *в*. Они используются для замыкания контактов реле, которые, в свою очередь, замыкают цепь осветительной лампы, питаемой напряжением 127 *в*. Катушка 6-вольтового реле постоянного тока подключена к батарее сухих элементов. Когда вручную замыкаются контакты выключателя, контакты реле в свою очередь замыкают цепь осветительной лампы 127 *в* переменного тока. Если низковольтная цепь обесточена, лампа выключена.

В выключателях, используемых для различных целей, могут применяться разные релейные контакты. Эти контакты бывают как нормально замкнутые, так и нормально разомкнутые. На рис.V.48 показаны условные обозначения различных типов реле.

В случае применения реле необходимо учитывать, на какой ток рассчитана катушка реле (постоянный или переменный), а также величину питающего ее напряжения. Если в цепь переменного тока включить реле постоянного тока, то его контакты будут дребезжать (вибрировать).

ИНТЕРЕСНЫЕ САМОДЕЛКИ

1. Изготовление магнитного выключателя

Необходимые материалы:

Диск из мягкой стали ∅ 9 *мм* толщиной 3 *мм*	1
Куски дерева 6×75×130 *мм*	2
Фибровые прокладки ∅ 25 *мм*	2
Фибровые или картонные трубки с толщиной стенки 1,5 *мм*, внутренним диаметром 9 *мм* и длиной 35 *мм*	1
Провод из мягкой стали ∅ 1 *мм*	1,5 *м*
Катушка провода ∅ 0,6 *мм* с эмалевой изоляцией	1
Кусок листовой стали 9×55×0,8 *мм* для контактного плеча	1
Кусок листовой стали 9×9×0,8 *мм* для контакта на контактном плече	1
Кусок листовой стали 9×12×0,8 *мм*	1
Кусок листовой стали 9×30×0,8 *мм* для неподвижного контакта	1

Кусок листовой фибры 25×65×3 *мм* для рычага возврата	1
Стальная или латунная полоска 30×90×0,6 *мм* для крепления катушки	1
Зажимы	2
Кроме того, потребуются различные винты, гайки и шайбы	

Данный автоматический выключатель может заменить плавкий предохранитель, отключая электрическую цепь в том случае, когда ток в ней начинает превышать установленную величину. Выключатель можно отрегулировать так, что он будет срабатывать на любом заданном токе в пределах от 1 до 3 *а*, причем регулировка выполняется перемещением катушки относительно контактного плеча.

Изготовьте каркас катушки, просверлив фибровые прокладки так, чтобы они плотно садились на фибровую (или картонную) трубку. Приклейте по прокладке на концах трубки. Просверлите по небольшому отверстию в каждой прокладке для концов провода катушки. Нарежьте стальной провод на куски длиной по 55 *мм* и заполните ими центральное отверстие каркаса катушки, как это показано на рисунке. Намотайте на каркас 6 слоев обмоточного провода диаметром 0,6 *мм*. На расстоянии 25 *мм* от одного конца стальной полоски припаяйте к ней диск из мягкой стали. Другой конец этой полоски согните так, чтобы он охватывал винт М4, вокруг которого вращается контактное плечо (рис. V.50).

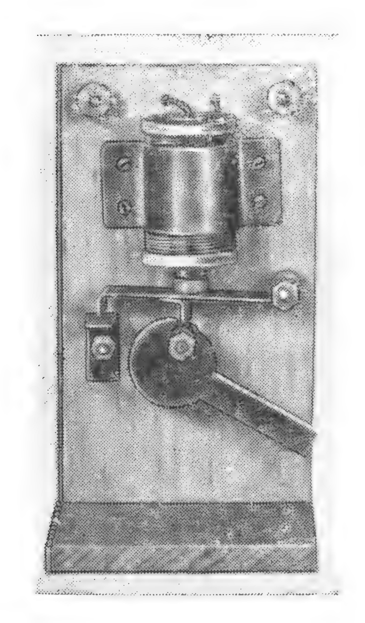


Рис. V.49. Самодельный магнитный выключатель.

Согните уголком небольшую полоску листовой стали и припаяйте его к контактному плечу, как показано на рисунке. Вертикальная полка этого уголка должна вхо-

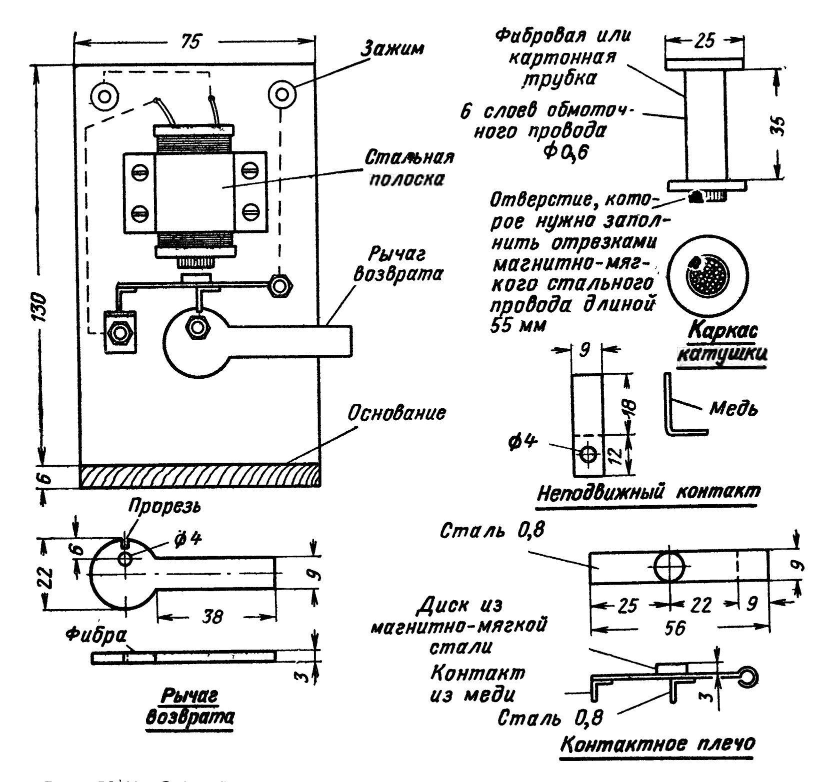


Рис. V.50. Общий вид самодельного выключателя и его детали.

дить в прорезь на фибровом рычаге возврата, когда контактное плечо находится в положении «включено». Согните из небольшой полоски листовой меди уголок и припаяйте его к другому концу контактного плеча, как это показано на рисунке. Из большей полоски листовой меди вырежьте заготовку для неподвижного контакта, просверлите в ней отверстие и согните так, как показано на рисунке. Из куска фибры выпилите заготовку для рычага возврата, просверлите в ней отверстие и сделайте на ней надрез.

Закрепите отдельные части выключателя на деревянном основании согласно рис. V.50. Подвижное контактное плечо удерживается в положении, параллельном торцу катушки, при помощи винта М4 длиной 30 *мм*,

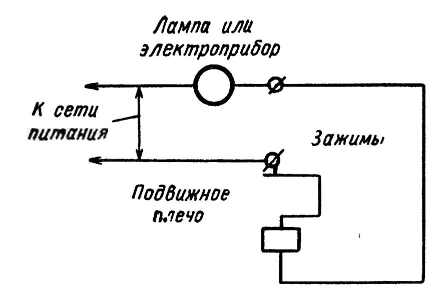


Рис V.51. Электрическая схема магнитного выключателя.

соответствующими гайками и шайбами. Убедитесь, что контактное плечо свободно вращается вокруг винта, так как в противном случае автоматический выключатель не будет работать. Полоска используемая в качестве держателя катушки, должна обеспечивать закрепление катушки на деревянном основании в том случае, когда все винты завернуты. При освобождении двух винтов должна оставаться возможность перемещать катушку с целью регулировки тока срабатывания.

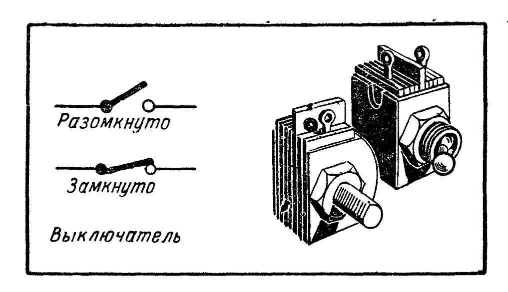
Соедините проводами отдельные части выключателя так, как это показано штриховыми линиями на рисунке. Прикрепите деревянное основание выключателя так, чтобы его можно было установить в вертикальном положении. Автоматический выключатель необходимо включать последовательно в цепь лампы или электроприбора, которые он защищает (рис. V.51).

Этот магнитный выключатель рассчитан на использование в низковольтных цепях, питаемых от понижающего трансформатора или батареи. Его можно использовать и в цепи с повышенным напряжением, где он также будет удовлетворительно работать. Однако в этом случае для предотвращения возможности соприкосновения с токонесущими частями магнитный выключатель нужно поместить в металлическую коробку.

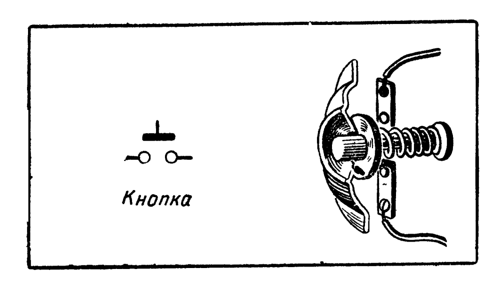
2. Изготовление чувствительного реле

Необходимые материалы:

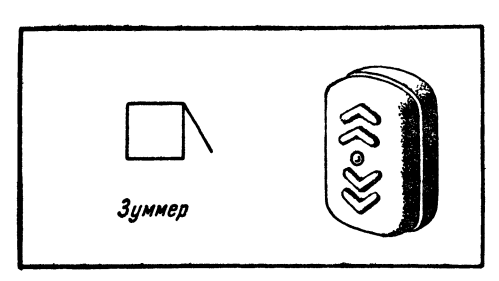
Выходной трансформатор радиоприемника или небольшой дроссель	1
Деревянное основание	1
Пружинные зажимы	4
Полоски листовой стали шириной 12 *мм* и толщиной 0,7 *мм*, используемые в качестве якоря, контактов и держателей катушки	4
Голый медный провод ∅ 1,6 *мм* для контактов	



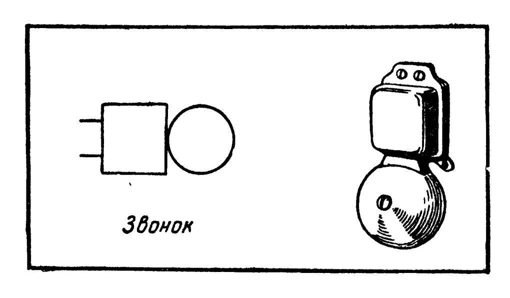
Условные обозначения выключателей.



Условное обозначение кнопки с пружинным возвратом в нормальное положение, которому соответствуют «разомкнутые» контакты.



Условное обозначение зуммера. В квадрате указывается, на каком токе работает зуммер (постоянном или переменном).



Условное обозначение хорошо всем известного дверного звонка.

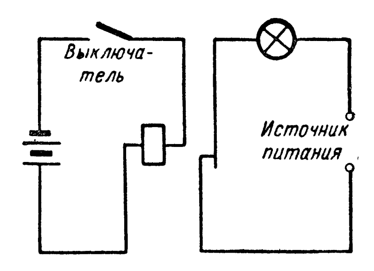


Рис. V.52. Электрическая схема цепи с использованием реле.

Медные или серебряные контакты

Катушка

Якорь

Слоистый сердечник

Выводы первичной обмотки

Пружинный зажим

Деревянное основание

Металлическая полоска для закрепления сердечника

Отверстие под контактную заклепку

ϕ3

12

Место сгиба

Верхняя контактная полоска

Отверстие под контактную заклепку

6

ϕ3

12

6

Якорная полоска

Место сгиба

Отверстие под контактную заклепку

ϕ3

Место сгиба

Нижняя контактная полоска

Рис. V.53. Общий вид самодельного реле и его детали.

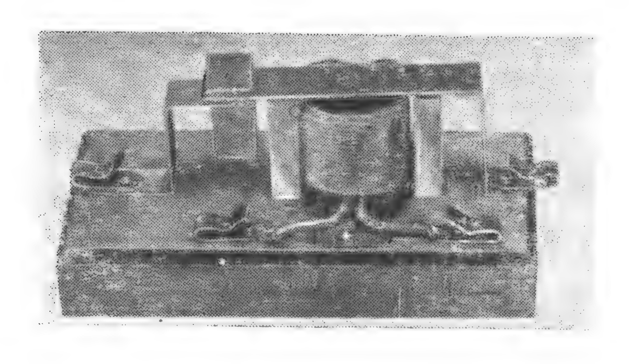


Рис. V.54. Общий вид чувствительного реле.

Реле, срабатывающее от токов порядка нескольких миллиампер, обычно называется «чувствительным». У реле, описанного ниже, контакты размыкаются или замыкаются при протекании через катушку тока около 6 *ма*.

Изготовление катушки такого реле весьма трудоемко, поскольку в ней должно быть большое число витков из очень тонкого провода. Вместо самодельной катушки можно воспользоваться первичной обмоткой выходного звукового трансформатора от приемника или телевизора. В качестве катушки чувствительного реле можно применить и небольшой дроссель из числа тех, что устанавливаются в выпрямительных схемах радиоприемников.

Удалите наружную обмотку трансформатора или дросселя с сердечником, так чтобы концы сердечника не выступали из обмотки. У одних трансформаторов наружная обмотка выполнена в виде одной секции, у других эта обмотка состоит из ряда многослойных секций, отделенных металлическими экранами. В последнем случае при удалении наружной обмотки приходится разбирать, а затем вновь собирать сердечник трансформатора. Зачистите торец сердечника и припаяйте к нему металлическую полоску, при помощи которой сердечник будет крепиться на деревянном основании.

Поскольку трансформаторы и дроссельные катушки, выпускаемые различными заводами, имеют неодинаковые размеры, на рис. V.53 не указаны определенные размеры. Якорная и контактные полоски должны иметь такую форму, чтобы якорный контакт касался нижнего

контакта, когда якорь отходит от торца сердечника примерно на 0,8 *мм*. Якорный контакт должен замыкаться с верхним контактом в том случае, когда якорь оказывается примерно на 1,6 *мм* выше торца сердечника.

Сделайте контакты. Для этого вставьте в отверстия стальных полосок кусочки голого медного провода и расклепайте их концы. Окончательная регулировка контактов выполняется путем изгиба контактных полосок вверх или вниз.

Контрольные вопросы

1. Какое напряжение подведено к электрическому вводу вашего дома?
2. Каково назначение предохранителей, используемых в домовой электропроводке?
3. Назовите два типа предохранителей.
4. Нарисуйте схему, показывающую, как включаются предохранители в осветительную сеть.
5. На какой ток рассчитаны предохранители, включаемые в отдельные ветви домовой сети?
6. Назовите два типа автоматических выключателей.
7. Как автоматический выключатель возвращается в нормальное положение после того, как его контакты разорвут электрическую цепь?
8. Почему при повреждении в электрической цепи до установки нового предохранителя или возвращения автоматического выключателя в нормальное положение надо сначала устранить неисправность?
9. Как устроен тепловой элемент автоматического выключателя?
10. Объясните, как работает магнитный выключатель.
11. Как называется подвижная часть магнитного выключателя?

19. ЭЛЕКТРОПРОВОДКА В ДОМЕ

Системы электропроводки. Электроприборы в большинстве домов и квартир подключаются к настенным штепсельным розеткам, а осветительные лампы ввинчиваются в патроны, подсоединенные к сети через выключатели; кроме того, имеются специальные отводы для подключения нагрузок повышенной мощности, таких, как электроплиты и электроводонагреватели. Электропровода скрытой проводки, прокладываемые внутри стен или в потолке, должны иметь защитную оболочку. Для предохранения домовой электропроводки от повреждений применяется несколько способов ее монтажа: электро-

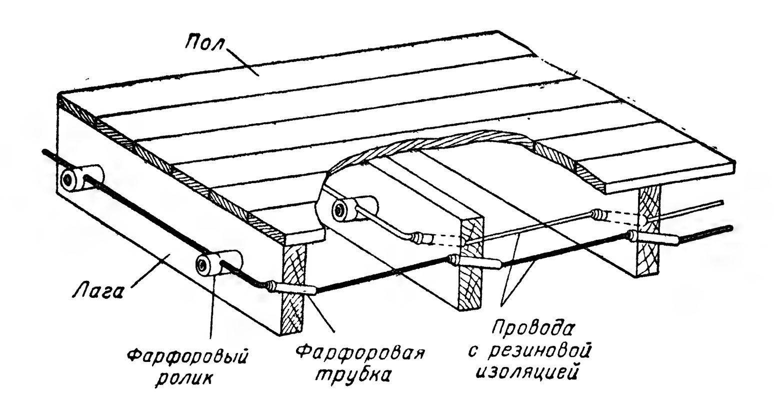


Рис. V.55. Скрытая электропроводка.

проводка на фарфоровых роликах и в трубках (рис. V.55); кабели с неметаллической оболочкой (рис. V.56 и V.57); бронированный кабель (рис. V.58); электропроводка в металлических трубах (рис. V.59).

Штепсельные розетки для подключения электробытовых приборов. Штепсельные розетки для подключения электробытовых приборов монтируются в металлических или пластмассовых коробках, называемых выходными. Обычно применяются розетки сдвоенного типа (рис. V.60). Ток к настенной розетке подводится двумя прово-

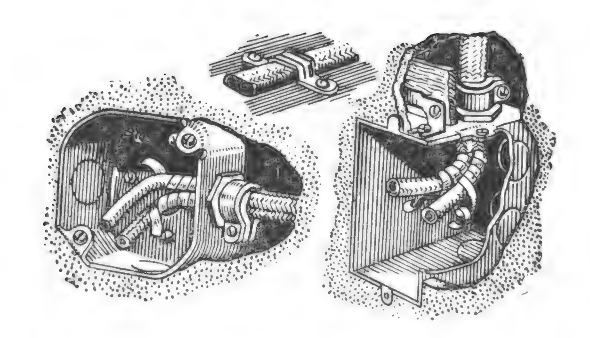


Рис. V.56. Способ крепления кабеля с неметаллической внешней оболочкой к плинтусам и потолку, а также к коробкам выключателей и штепсельных розеток.

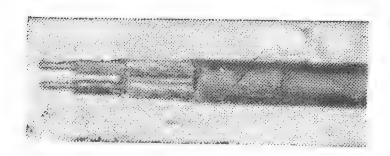


Рис. V.57. Кабель с неметаллической внешней оболочкой.

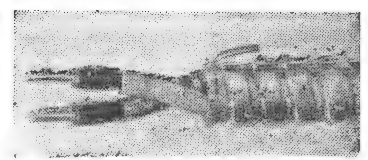
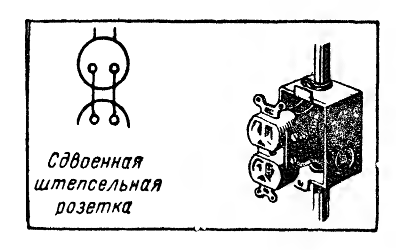


Рис. V.58. Бронированный кабель — кабель в металлической оболочке.

дами. Эти провода отходят от распределительной коробки, где они подсоединены к предохранителю или автоматическому выключателю. К одной паре проводов можно подключить параллельно несколько розеток. В домовой электропроводке для подведения напряжения к розеткам применяются провода диаметром порядка 1,6 или 2 *мм.*

Применение однополюсных выключателей. В каждой осветительной цепи должен быть установлен выключатель, позволяющий включать и выключать лампу. Для этого применяются настенные выключатели тумблерного типа. Выключатель всегда подсоединяют в разрыв одного из проводов цепи (рис. V. 61). Такой выключатель называется однополюсным. Контакты у него можно замкнуть или разомкнуть, переключив пальцем тумблер вверх или вниз.

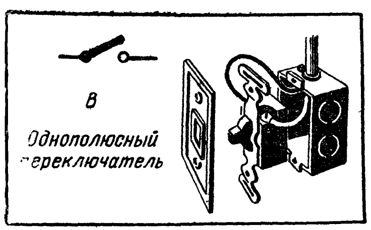
Использование переключателей на три положения Во многих случаях оказывается необходимым включать и выключать одну и ту же лампу с двух различных мест. Это может, например, потребоваться в большой комнате



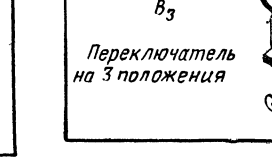
Условное обозначение сдвоенной настенной розетки.



Условное обозначение лампочки.



Условное обозначение однополюсного выключателя.



Условное обозначение переключателя.

с двумя входами с разных сторон. Переключатели устанавливаются вблизи каждого входа так, что оказывается возможным включать или выключать свет, входя в комнату или выходя из нее через любую дверь (рис. V.66).

Для управления одним и тем же светильником с двух различных мест используются два переключателя. В таких переключателях имеются по три зажима. Схема с переключателями показана на рис. V.67 и V.68.

Наиболее распространенным типом выключателя, разрывающего электрическую цепь посредством механического размыкания контактов, является тумблер. При замыкании или размыкании тумблером электрической цепи слышится характерный щелчок, когда подвижный контактный «нож» входит в неподвижный контактный зажим или выходит из него. Выключатель, работающий бесшумно, называется ртутным выключателем. В таком выключателе контакты замыкаются ртутью, залитой в небольшом количестве в корпус выключателя. Благодаря использованию ртути выключатель срабатывает без щелчка.

Электропроводки. При проектировании жилых домов схема электропроводки, содержащая все устанавливаемые штепсельные розетки, светильники и прочие электрические соединения, наносится на планы здания. Все розетки и выводы для подсоединения светильников показаны на таких планах с помощью условных обозначений.

Рис. V.59. Скрытая электропроводка во внутренней деревянной перегородке, прокладываемая в стальных трубах.

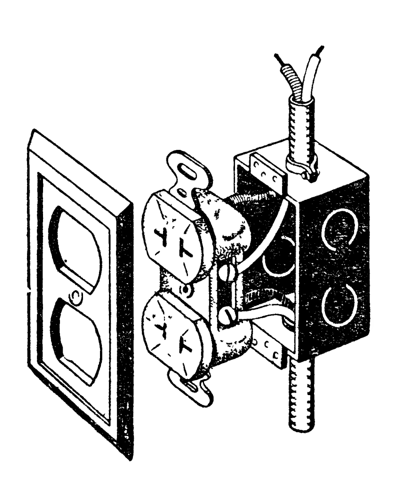
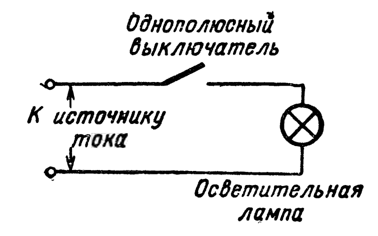


Рис. V.60. Сдвоенная настенная штепсельная розетка, используемая для подключения электроприборов.

Рис. V.61. Схема электрической цепи с однополюсным выключателем.



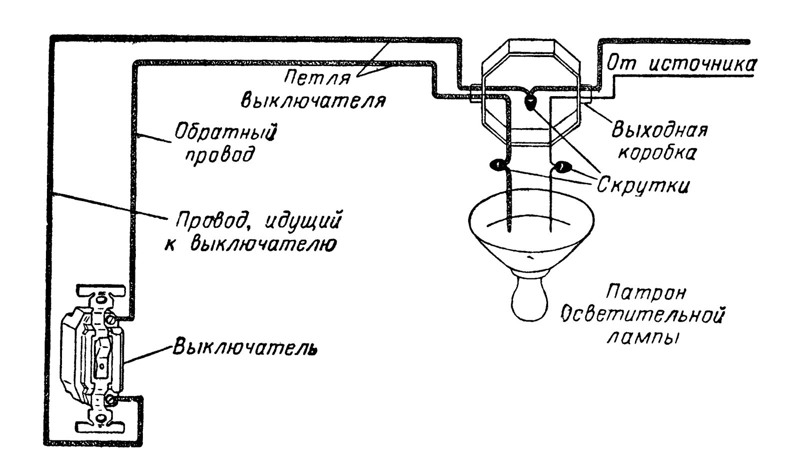


Рис. V.62. Схема рис. 61, если ее выполнить как часть домовой электропроводки. Все соединения, как выполненные скруткой, так и при помощи винтов, находятся внутри коробок.

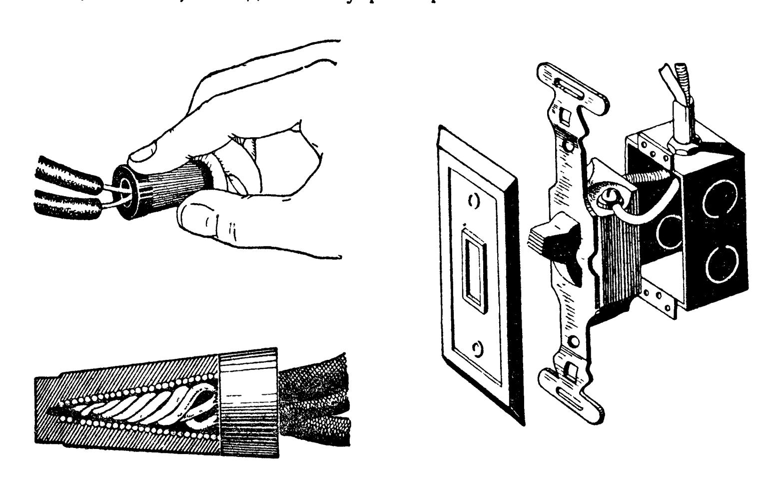


Рис. V.63 Рис. V.64

Рис. V.63. Наконечники, используемые для непаяных соединений; они навинчиваются на скрутку двух проводов. Конусообразная спиральная пружина, вставленная внутрь литого корпуса наконечника, плотно сжимает скрученные концы проводов и делает пайку излишней.

Рис. V.64. Однополюсный выключатель Для защиты выключателя от повреждений он помещается в металлическую коробку, называемую коробкой выключателя. Лицевая панель выключателя обычно выполняется из пластика.

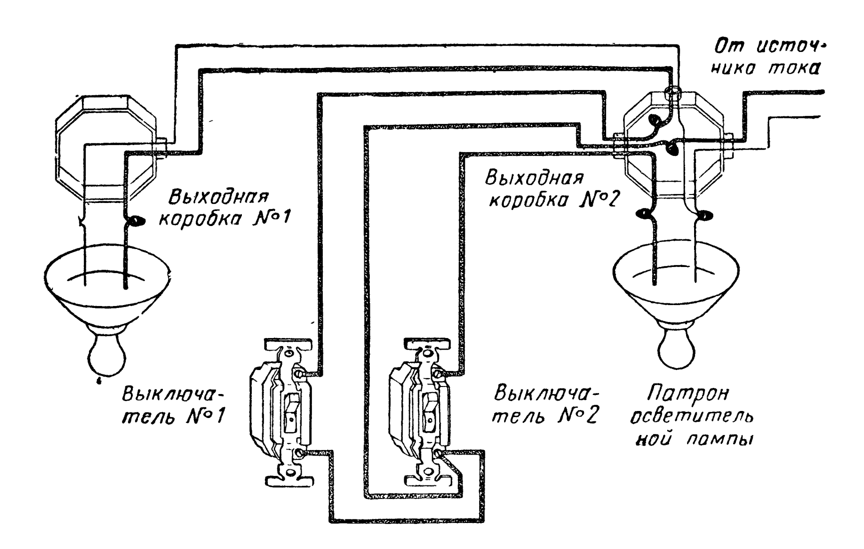


Рис. V.65. Часто на стене рядом монтируются два выключателя, которые позволяют включать порознь две лампы, установленные в комнате. Выключатель № 1 относится к выходной коробке № 1, а выключатель № 2 — к выходной коробке № 2.

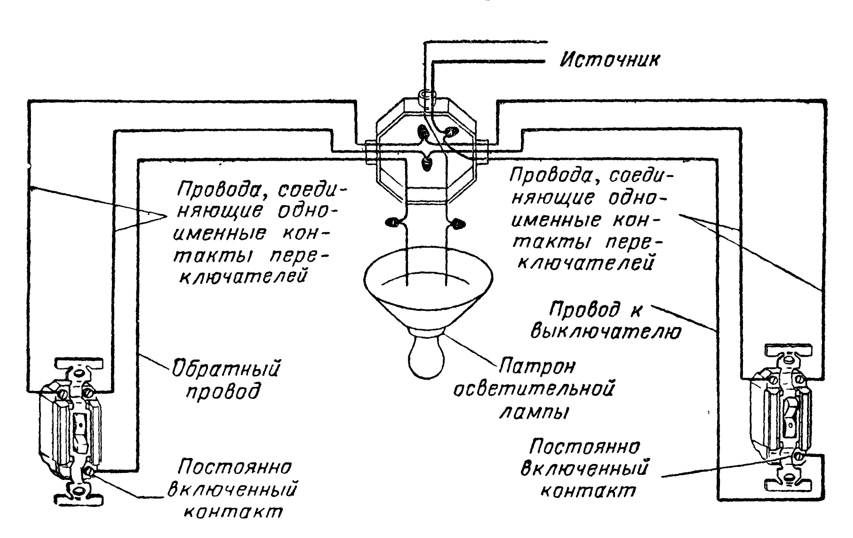


Рис. V.66. С помощью переключателей можно включать и выключать лампу с двух различных мест.

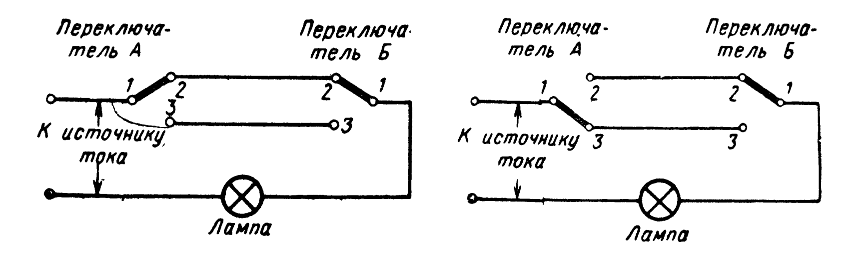


Рис. V.67 Рис. V.68

Рис. V.67. Схема включения (выключения) одной лампы двумя переключателями. В этом положении электрическая цепь лампы оказывается замкнутой, когда в переключателе *А* замкнуты контакты *1* и *2*, т. е. те же контакты, что и в переключателе *Б*.

Рис. V.68. Переключатель *А* переключен в такое положение, когда замкнуты контакты *1* и *3*. При этом размыкается цепь лампы и она гаснет. Для того чтобы снова включить лампу, нужно либо переключить переключатель *Б*, чтобы у него оказались замкнутыми контакты *1* и *3*, либо переключить в прежнее положение переключатель *А*, т. е. чтобы в нем вновь оказались замкнутыми контакты *1* и *2*.

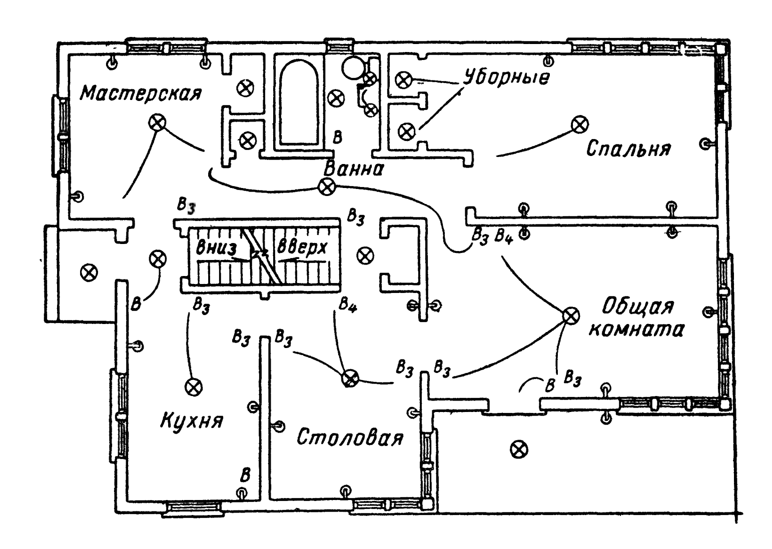


Рис. V.69. План первого этажа жилого дома, на котором указано расположение штепсельных розеток и светильников. И розетки и светильники показаны с помощью условных обозначений.

1. Подсоединение однополюсного выключателя к патрону осветительной лампы

Необходимые материалы:

Патрон для осветительной лампы	1
Щиток предохранителей	1
Предохранитель на 10 *а*	1
Соединительный провод	1

Соедините один из зажимов коробки предохранителей с одним из зажимов патрона, другой зажим патрона — с зажимом выключателя. Соедините второй зажим выключателя со щитком предохранителей. Схема соединения всех трех элементов показана на рис. V.70. Схема такого типа применяется в тех случаях, когда нужно включать и выключать лампу только из одного определенного места.

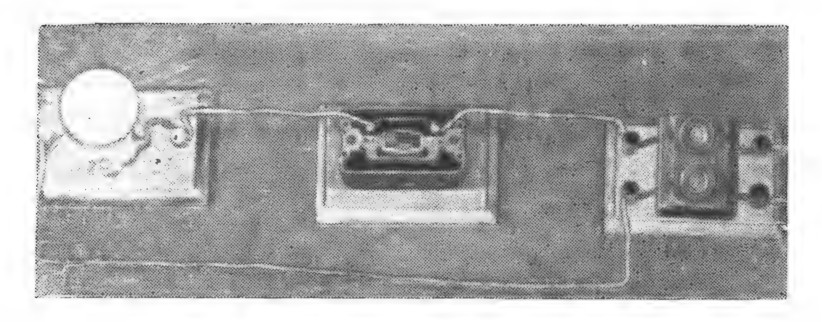


Рис. V.70. Схема включения (выключения) осветительной лампы однополюсным выключателем.

2. Подсоединение переключателя на три направления

Необходимые материалы и детали:

Патрон для осветительной лампы	1
Щиток предохранителей	1
Предохранители на 10 *а*	2
Переключатели на 3 направления	2
Соединительный провод	1

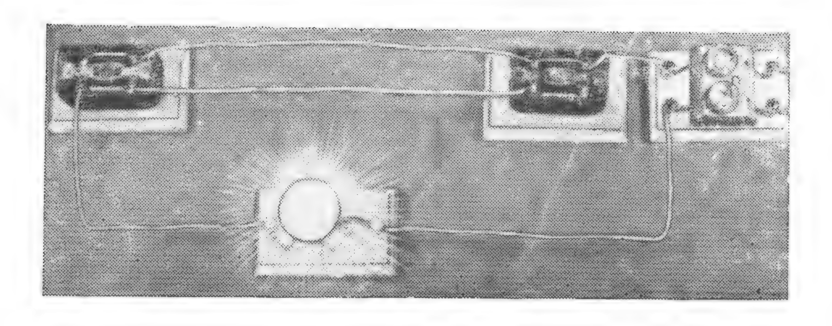


Рис. V.71. Схема для включения (выключения) осветительной лампы с двух различных мест при помощи двух переключателей на три направления.

Переключатель на три направления используется в тех случаях, когда необходимо включать и выключать свет с двух различных мест, например с двух концов зала или с верхней и нижней площадок, расположенных у одного лестничного марша. В переключателе на три направления один зажим расположен с одной его стороны, а два других — с противоположной. Одиночный зажим соединен с подвижным контактом, который может быть замкнут с любым из двух неподвижных контактов, соединенных с двумя другими зажимами.

Соедините один из зажимов щитка предохранителей с одиночным зажимом другого переключателя на три направления, два остальных зажима каждого переключателя — с одноименными зажимами другого переключателя. Подключите входные зажимы коробки предохранителей к сети с напряжением 127 или 220 *в*, и если все соединения будут соответствовать рис. V.71, то лампу можно будет включать и выключать любым переключателем.

3. Подсоединение переключателя на четыре направления

Необходимые материалы и детали:

Патрон для осветительной лампы	1
Щиток предохранителей	1
Предохранители на 10 *а*	2
Переключатели на три направления	2
Переключатель на четыре направления	1
Соединительный провод	1

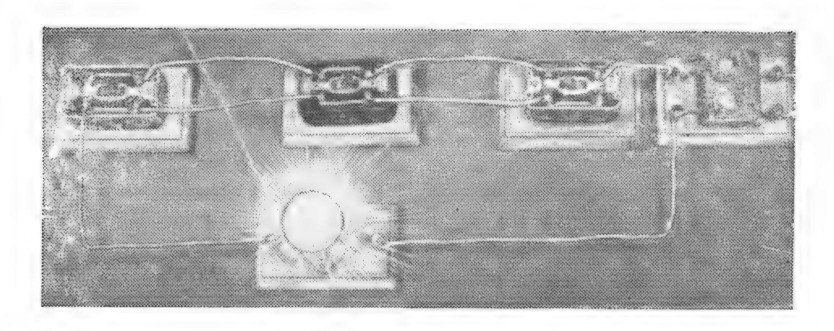


Рис. V.72. Подсоединение переключателей, позволяющее включать и выключать свет с трех различных мест.

Если необходимо включать и выключать осветительную лампу или группу ламп более чем из двух мест, то потребуется два переключателя на три направления и по одному переключателю на четыре направления на каждое дополнительное место, с которого необходимо включать свет. Если необходимо подсоединять к схеме по одному переключателю на четыре направления в каждом дополнительном месте, с которого желательно включать и выключать свет, то число таких мест можно увеличивать неограниченно. Схема такого типа очень удобна для включения и выключения света в длинных коридорах и на лестницах многоэтажных домов, где имеется несколько площадок, поскольку она позволяет включать (и выключать) свет любым выключателем, независимо от положения остальных.

У переключателя на четыре направления с каждой стороны имеется по два зажима. Внутри переключателя зажимы между собой соединены так, что при любом положении ручки переключателя оказываются соединенными одноименные зажимы, расположенные с противоположных сторон переключателя, или зажимы, расположенные друг против друга и по диагонали. После окончания монтажа схемы соединений необходимо проследить путь тока через переключатель и убедиться в том, что один переключатель может управлять светом независимо от остальных переключателей. Монтаж схемы с переключателем на 4 направления выполняется так же, как и монтаж схемы с переключателем на 3 направления, за исключением того, что переключатель на 4 направления включается в разрыв проводов, соединяющих

одноименные зажимы переключателей на три направления. Соедините щиток предохранителей с сетью переменного тока напряжением 127 или 220 *в*, и если все соединения выполнены по рис. V. 72, то лампы можно будет включить или выключить любым переключателем.

4. Изготовление самодельного регулятора яркости света лампы

Необходимые материалы и детали:

Однополюсный выключатель для осветительной цепи . .	1
Переключатели	3
Плата — основание для двойного выключателя	1
Кремниевый выпрямитель 6*а*, 400 *в*	1

Возможность использования в домашних условиях устройства для регулировки яркости света весьма заманчива. Уменьшить яркость ламп бывает желательно не только тогда, когда мы смотрим телевизионную передачу, при неярком свете приятнее слушать музыку или просто беседовать с друзьями.

В регуляторе яркости света используется кремниевый выпрямитель и двойной выключатель. Последний состоит из двух однополюсных выключателей в одном корпусе.

Подсоедините выпрямитель к двум зажимам выключателя так, показано на рис. V. 73. В некоторых

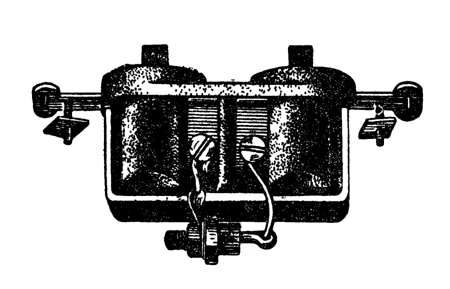


Рис. V.73. Общий вид собранного выключателя, используемого для регулировки яркости света. Кремниевый выпрямитель подсоединяется к двум зажимам двойного выключателя.

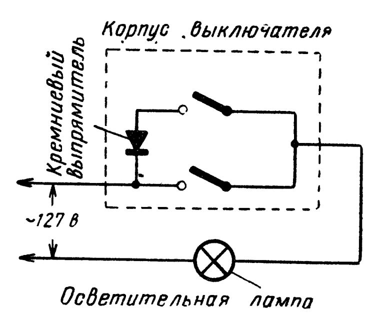


Рис. V.74. Схема соединений регулятора яркости света. Каждым из выключателей можно управлять независимо.

выключателях такого типа два зажима бывают соединены внутри корпуса выключателя так, что в случае использования выключателя этого типа выпрямитель должен быть подсоединен к двум отдельным зажимам для внешнего подключения. Включите двойной выключатель так, как показано на схеме (рис. V.74). Номинальные значения тока и напряжения выпрямителя выбраны намеренно с запасом, чтобы обеспечить его работу при нормальной температуре.

При работе схемы через диод проходит только одна полуволна переменного тока, в результате чего ток через лампу уменьшается примерно вдвое.

Контрольные вопросы

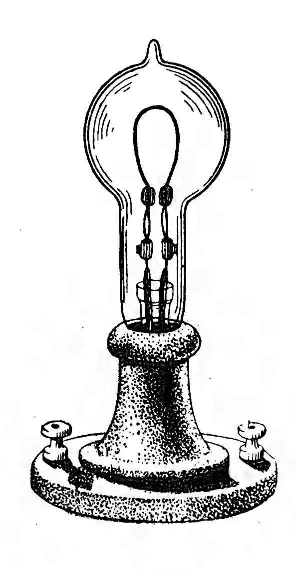
1. Назовите четыре системы монтажа домовой электропроводки.
2. Почему провода в домовой электропроводке нуждаются в защитном покрытии?
3. Провод какого диаметра обычно используется для подведения напряжения к настенным штепсельным розеткам?
4. Нарисуйте схему электрической цепи, содержащей лампу и однополюсный выключатель.
5. Почему настенные штепсельные розетки и выключатели монтируются в металлических коробках?
6. Нарисуйте схему соединений, показывающую, как два переключателя на три направления используются для включения и выключения одной лампы с двух различных мест.
7. Нарисуйте схему электропроводки в вашей комнате; условными обозначениями покажите расположение штепсельных розеток, светильников и выключателей.

20. ИСТОЧНИКИ СВЕТА

Использование лампы накаливания для получения света. Выше упоминалось, что лампа накаливания представляет собой источник света, в котором световой поток получается за счет нагрева нити накала, помещенной внутри стеклянного баллона. Первая пригодная для практического использования лампа накаливания была создана Эдиссоном в 1879 г.* Лампочка Эдиссона содержала угольную нить, находящуюся внутри откачанного и герметизированного стеклянного баллона (рис. V.75).

---

* На 6 лет раньше, в 1873 г., первая пригодная для практического использования лампа накаливания была создана русским изобретателем А. Н. Лодыгиным *(Прим. ред.)*.



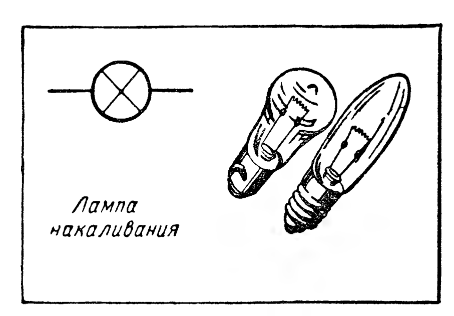


Рис. V.75. Первая электрическая лампочка Эдиссона, появившаяся в 1879 г. Справа — условное обозначение осветительных ламп накаливания.

В современных лампах накаливания применяется вольфрамовая спираль, способная выдерживать очень высокую температуру. Для того чтобы предотвратить перегорание вольфрама, из стеклянного баллона откачивается воздух. Затем баллон заполняется небольшим количеством смеси аргона и азота. Заполнение газом увеличивает срок службы лампы накаливания.

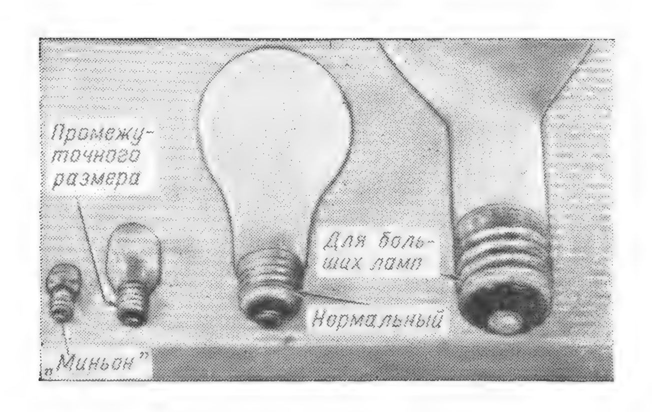


Рис. V.76. Четыре типа ламп с винтовым цоколем, используемых в бытовых осветительных установках.

Форма и размеры ламп накаливания. Промышленность выпускает лампы накаливания многих форм и размеров. Мощность ламп накаливания общего назначения, которые используются в бытовых осветительных устройствах, лежит в пределах от 15 до 300 *вт*. Чем больше мощность лампы, тем больше электроэнергии необходимо для работы лампы и тем больше создаваемый ею световой поток. Для обычных ламп применяются нормальные винтовые цоколи (см. рис. IV.33). Баллон лампы изготовляется из прозрачного или матового стекла. Лампы с матовым стеклом получили распространение благодаря тому, что их свет не слепит. Небольшие лампочки имеют винтовые цоколи промежуточного размера или винтовые цоколи типа «миньон». Лампы мощностью от 300 до 1 500 *вт* имеют специальные большие винтовые цоколи (рис. V.76).

Лампа накаливания на три световых потока. Некоторые типы автомобильных ламп способны создавать три различных световых потока. Эти лампы накаливания содержат по две спирали, подсоединенные так, что каждую из них можно использовать отдельно или обе одновременно (рис. V. 77). У таких ламп специальные цоколи.

Использование люминесцентных ламп. Люминесцентные лампы в последнее время стали очень популярными источниками света. Это объясняется тем, что они создают сравнительно большой световой поток при относительно малом потреблении электрической мощности. Срок службы у них больше, чем у ламп накаливания.

В люминесцентной лампе возникает «электрический разряд» или дуга. Электрический разряд сопровождается светом подобно тому, как это происходит при электрическом разряде между облаком и землей. В газосветной лампе электрический разряд возникает между электродами, расположенными на концах герметизированной стеклянной трубки.

Конструкция люминесцентной лампы. Люминесцентная лампа представляет собой длинную стеклянную трубку, из которой удален весь воздух (рис. V.78). После того как воздух удален, в трубку вводится небольшое количество газа, например аргона, и совсем немного ртути. У каждого конца трубки смонтированы небольшие спирали, подобные спирали лампы накаливания; эти спирали и называются электродами. Они служат не для того, чтобы излучать свет; их назначение —

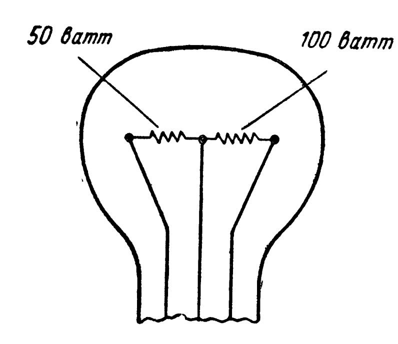


Рис. V.77. Лампа накаливания, дающая три различных световых потока, содержит две спирали. Для выключения той или другой спирали или обеих спиралей одновременно используется переключатель.

испускать электроны при нагреве. Для увеличения числа испускаемых электронов на спирали наносится специальное покрытие. Электроны, испускаемые спиралями, перемещаются от одного электрода к другому через газ аргон, заполняющий трубку. Когда электроны движутся в газе, выделяется достаточно тепла и ртуть испаряется. При прохождении тока через пары ртути возникает излучение ультрафиолетового света. Это свечение имеет фиолетовый оттенок, а его интенсивность не очень велика.

С внутренней стороны поверхность стеклянной трубки лампы покрыта очень тонким слоем порошкообразного химического вещества, называемого люминофором. Когда ультрафиолетовые излучение падает на люминофорное покрытие, последнее начинает светиться ярким люминесцентным светом. Цвет свечения люминофорного покрытия зависит от типа используемого порошка.

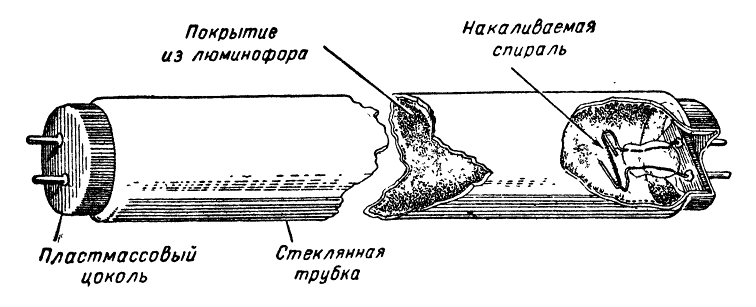


Рис. V.78. Люминесцентная лампа служит дольше, чем лампа накаливания, и создает сравнительно больший световой поток при меньшем потреблении электричества.

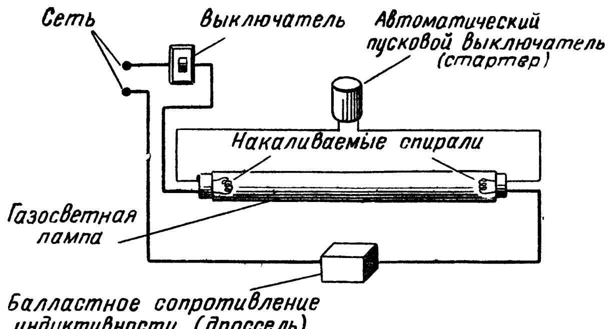


Рис. V.79. Последовательно с цепью накала люминесцентной лампы включается автоматический пусковой выключатель. После того как в трубке зажигается дуга, пусковой выключатель автоматически разрывает цепь накала и она остается разомкнутой.

Пусковой выключатель. Как только в трубке возникает разряд, т. е. через газовую среду начинает проходить ток, спирали на концах трубки можно выключить. При этом они станут холодными. Однако ток между электродами будет проходить до тех пор, пока электрическая цепь лампы останется замкнутой. Для выключения тока в спиралях в момент зажигания дуги в трубке используется пусковой выключатель, соединенный последовательно со спиралями (рис. V.79). Как только спирали достаточно нагреются и станут испускать электроны, пускатель автоматически разрывает цепь тока спиралей. Такие автоматические пусковые выключатели обычно изготовляются из биметаллической полоски, размыкающей цепь в момент, когда спирали становятся горячими. Пусковой выключатель легко сменить, если он по какой-либо причине выйдет из строя.

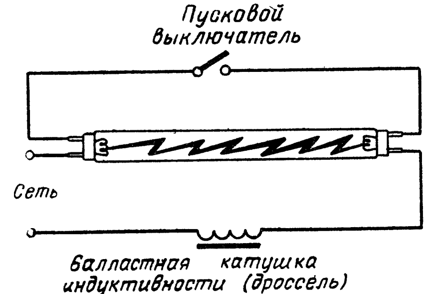


Рис. V.80. Когда пусковой выключатель размыкает цепь, в балластной катушке возникает всплеск высокого напряжения, которое зажигает дугу в люминесцентной лампе.

Балластное сопротивление. Для создания дуги в люминесцентной лампе к ее электродам необходимо приложить на короткое время высокое напряжение. Для получения высокого напряжения последовательно с лампой включается дроссель (рис. V.80), представляющий собой проволочную катушку, намотанную на сердечник.

В момент включения люминесцентной лампы в электрическую сеть ее спирали нагреваются и начинают испускать электроны. При этом ток проходит через дроссель. Затем пусковой выключатель автоматически размыкает цепь. Магнитное поле вокруг дросселя мгновенно сокращается и исчезает, а ток в спиралях прекращается. Магнитные силовые линии катушки дросселя, сокращаясь, пересекают ее витки, и в ней наводится мгновенное высокое напряжение. Этот всплеск высокого напряжения вместе с напряжением сети действует между электродами лампы. Поэтому между ними возникает дуга и лампа начинает светиться.

Когда вспыхивает дуга, ток через лампу начинает быстро возрастать. Поток электронов через пары ртути или через газообразный аргон может достичь очень большой величины, и лампа перегорит. В ходе этого процесса нарастания тока снова вступает в действие дроссель, последовательно включенный в электрическую цепь лампы. В этом случае он ведет себя как сопротивление, ограничивая величину тока через лампу.

Таким образом, дроссель служит: 1) для зажигания дуги между электродами трубки в момент после окончания нагревания спиралей и 2) для ограничения тока через лампу.

Неоновые лампы. Многие рекламные надписи выполняются при помощи светящихся неоновых ламп. Неоновая лампа состоит из стеклянной трубки с электродами на концах. Трубка наполнена газом неоном. Когда на электроды трубки подается напряжение, между ними вспыхивает электрическая дуга, излучающая свет, имеющий определенную окраску. Чистый неон светится оранжевым светом. Для того чтобы получить свечение других цветов, к неону добавляются различные газы. Таким способом можно получить синее, зеленое, красное и белое свечение.

Для зажигания некоторых небольших неоновых ламп достаточно напряжение величиной всего 110 *в*. Если из неоновой трубки изготовляется длинная светящаяся над-

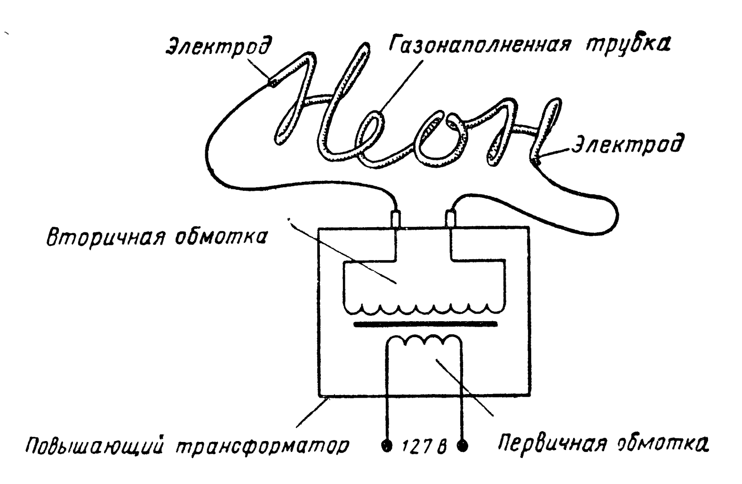


Рис. V.81. Высоковольтное напряжение со вторичной обмотки повышающего трансформатора подается на электроды неоновой трубки. Когда между электродами вспыхивает дуга, надпись начинает светиться.

пись, то для зажигания дуги необходимо довольно высокое напряжение. Для повышения напряжения сети до величины, необходимой для зажигания трубки, используется повышающий трансформатор (рис. V.81).

Чем длиннее трубка, тем большее напряжение требуется для ее зажигания. Для питания неоновых светящихся надписей применяются повышающие трансформаторы с вторичным напряжением от 1 500 до 15 000 *в*. Поскольку неоновые лампы потребляют весьма небольшой ток, первичную и вторичную обмотки трансформатора можно наматывать очень тонким проводом.

ИНТЕРЕСНЫЕ САМОДЕЛКИ

Изготовление настольной лампы

Необходимые материалы:

Деревянное основание 15×130×200 *мм* 1
Деревянный брусок 40×90×200 *мм* 1
Ниппель с внешней резьбой стальной или бронзовой ⌀ 3 *мм* длиной 25 *мм* 1
Патрон с винтовым цоколем 1
Шнур для лампы . . . . 2 *м*
Выключатель 1
Штепсельная вилка 1

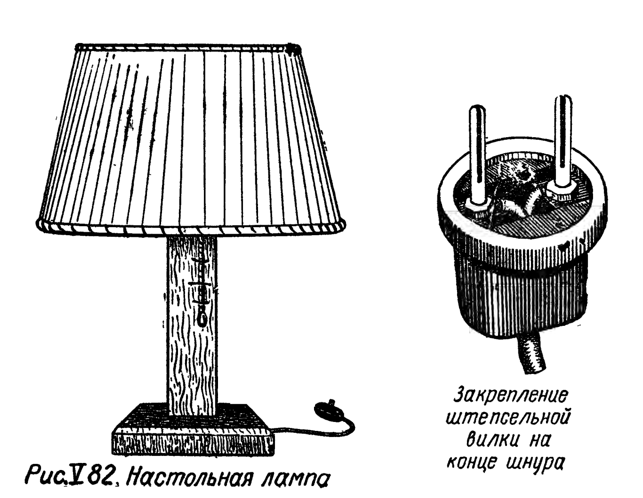


Рис.V.82. Настольная лампа

Двойной
шнур для
лампы

Патрон

Деревянные
бруски

Шнур
лампы

200

90

40

200

Фаска
высотой 6 мм

19

130

Рис. V.83. Основные детали настольной лампы.

Снимите фаску высотой 6 *мм* с краев лицевой стороны деревянного основания лампы. В центре деревянного основания просверлите отверстие диаметром 8 *мм* на глубину, равную половине высоты основания. С другой стороны основания точно против первого отверстия просверлите другое, также диаметром 8 *мм* так, чтобы получить одно сквозное отверстие. В центре торца деревянного бруска просверлите отверстие диаметром 9 *мм* на глубину, равную примерно половине высоты бруска. Просверлите отверстие того же диаметра в другом торце бруска точно против первого отверстия, так чтобы получить сквозной канал в бруске. Вверните трубчатый ниппель с внешней резьбой в одно из выходных отверстий канала в бруске так, чтобы наружу ниппель выступал всего на 6 *мм*. Соедините брусок с деревянным основанием с помощью клея или винтов, как это показано на рис. V.83. Пропустите электрический шнур через основание и брусок-стойку. Наверните патрон на ниппель и подсоедините к патрону концы шнура. В одну из жил шнура подсоедините выключатель, а к концу шнура — штепсельную вилку. Чтобы закончить отделку лампы, ее деревянные части нужно покрыть лаком или покрасить краской.

Контрольные вопросы

1. Кто создал электрическую лампу накаливания, которая широко использовалась для освещения?
2. Из чего изготавливается нить накала в современных лампах накаливания?
3. Почему необходимо удалять кислород из стеклянного баллона лампы накаливания?
4. Объясните, почему баллоны некоторых ламп накаливания изготовляют из матового стекла.
5. Сколько может быть спиралей в лампе накаливания?
6. В чем назначение спиралей в люминесцентной лампе?
7. Для чего служит внутреннее покрытие стенок трубки люминесцентной лампы?
8. Для чего служит пусковой выключатель в цепи люминесцентной лампы?

21. ЭЛЕКТРОНАГРЕВ

Бытовые электронагревательные приборы. Промышленность выпускает много различных электронагревательных приборов:

Тостеры	Электрогладильные машины
Вафельницы	Переносные электрообогревательные приборы
Электроутюги	Электрические грелки
Водонагреватели	Электрические подушки
Сушилки для белья	Кофейные электромельницы
Настенные обогревательные устройства	Электрические плиты

Во всех этих электронагревательных приборах для получения тепла используется проволока, обладающая высоким сопротивлением (обычно нихромовая). Эта проволока часто наматывается в виде спирали, так что очень длинный провод занимает немного места (рис. V.84). Иногда в качестве нагревательных элементов используются плоские элементы, выполненные из нихромовой проволоки, намотанной на пластину из изоляционного материала (рис. V.85). Если проволока нагревательного элемента в рабочем положении открыта, как, например, в тостерах и настенных обогревательных устройствах, то в качестве изоляционного материала в них применяется керамика или многослойные слюдяные пластины.

Помимо нагревательных элементов открытого типа используются так называемые стержневые нагревательные элементы из вольфрамита, помещаемые в металлическую трубку (рис. V. 86). Такой нагревательный элемент помещается в центре полой металлической трубки,

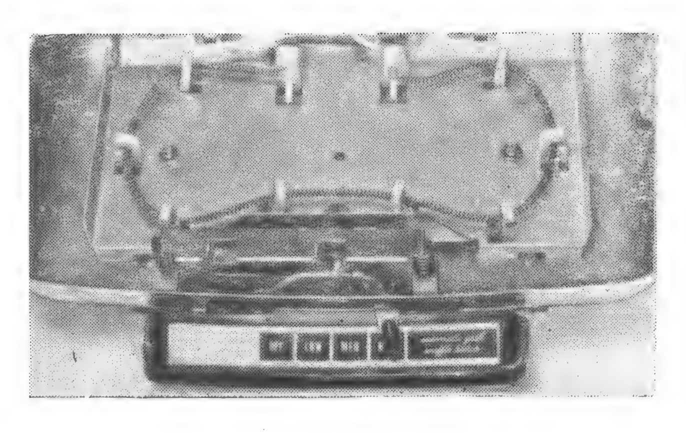


Рис. V.84. В электрической вафельнице используется нагревательный элемент спирального типа.

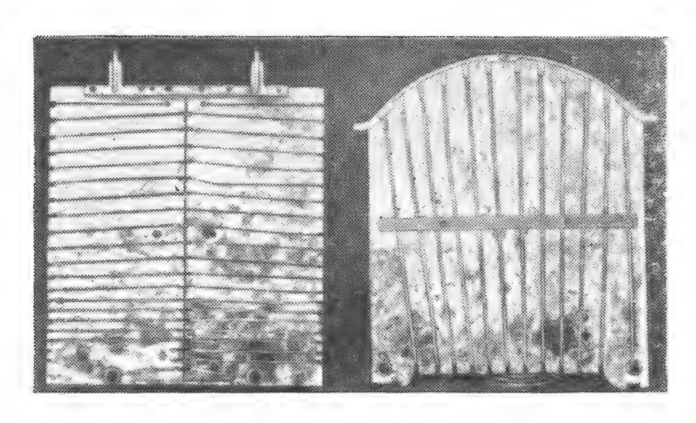


Рис. V.85. В качестве нагревательного элемента электрического тостера обычно используется нихромовая проволока, намотанная на многослойную пластину из слюды.

и между ним и стенками трубки находится оболочка из изоляционного материала. Концы проводников элемента выступают из трубки, края которой герметизированы, чтобы к ним не имели доступа влага и воздух. После того как трубка герметизирована, ей придают нужную форму; так, например, в некоторых электроплитах применяются электронагревательные элементы в виде спирали. В утюгах стержневой элемент помещается у основания утюга в специальном канале (рис. V. 87).

Элементы, создающие более высокую температуру, выполняются в виде стержней, поскольку их можно поместить много ближе к той поверхности, которую нужно нагревать. Действие влаги и воздуха не вызывает повреждения таких элементов.

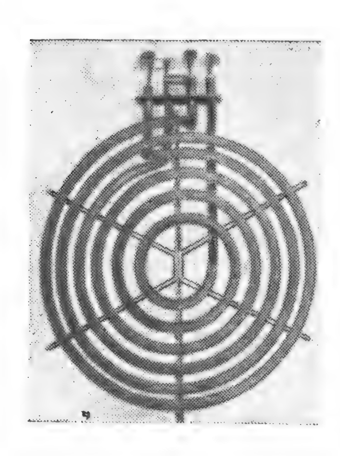


Рис. V.86. Нагревательный элемент применяемый в электроплитах. Такой нагревательный элемент помещается внутри спиральной металлической трубки и выполняется в виде стержня из вольфрамита.

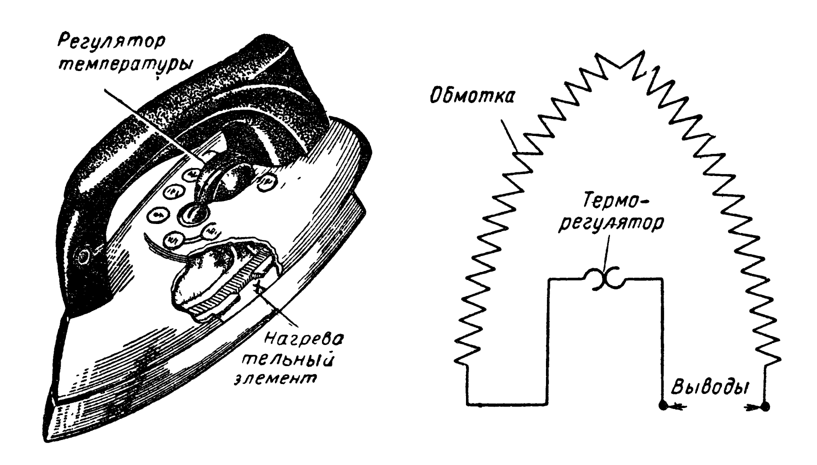


Рис. V.87. Автоматический электроутюг с регулировкой температуры. Нагревательный элемент размещается у основания утюга.

Рис. V.88. Электрическая схема утюга.

Регулировка температуры. В таких бытовых электроприборах, как электрические одеяла, электросушилки, вафельницы и утюги, применяются автоматические регуляторы температуры. Эти регуляторы замыкают и размыкают электрическую цепь, обеспечивая тем самым заданную температуру. Регуляторами обычно служат биметаллические элементы, помещенные внутрь нагревательного прибора. Биметаллический элемент выполняет роль автоматического выключателя, соединенного последовательно с нагревательным элементом. Когда нагревательный элемент становится горячим, он отдает тепло, нагревающее биметаллический элемент. При этом биметаллическая полоска расширяется и изгибается. Когда в результате нагрева температура становится достаточно высокой, биметаллическая полоска размыкает контакт и разрывает цепь. Если нагревательный элемент охлаждается, то его температура снижается и биметаллическая полоска сужается и выпрямляется. При этом электрическая цепь замыкается и нагревательный элемент снова выделяет тепло.

Проверка электронагревательных приборов. Для проверки нагревательных элементов электроприборов можно воспользоваться осветительной лампой, включаемой последовательно с проверяемым прибором. Такое испыта-

тельное устройство иногда называют прибором для обнаружения обрывов. Он состоит из электрошнура со штепсельной вилкой для подключения к сети переменного тока напряжением 127 или 220 *в* и осветительной лампы. Лампа присоединена к шнуру таким образом, что остаются свободными два испытательных конца (рис. V.89).

Штепсельная вилка вставляется в розетку, и, если два испытательных конца касаются друг друга, электрическая цепь лампы оказывается замкнутой и лампа загорается. Для того чтобы проверить, нет ли обрыва в нагревательном элементе, одним концом испытательного прибора нужно коснуться одного зажима нагревательного прибора и одновременно другим концом — второго его зажима (рис. V.89).

Важно, чтобы при проверке электроприбора испытательные концы не касались друг друга. Если лампа при проверке не загорается, то это означает, что либо перегорел нагревательный элемент, либо имеется обрыв в шнуре. Если лампа загорается, значит электрическая цепь в исправности и нагревательный элемент работоспособен.

Обнаружение короткого замыкания с корпусом. Если один из электрических проводов касается корпуса прибора, то такой прибор опасно использовать: коснувшись такого прибора, можно получить электрический удар. Для проверки наличия коротких замыканий между про-

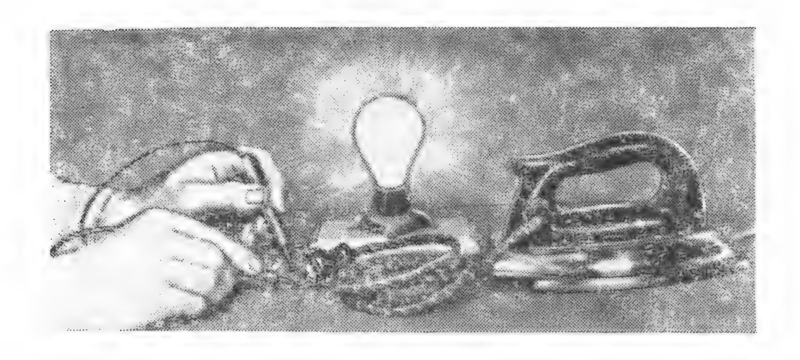


Рис. V.89. Для того чтобы определить, нет ли обрыва в нагревательном элементе электроутюга, можно использовать самодельный испытательный прибор (контрольную лампу) для обнаружения обрывов.

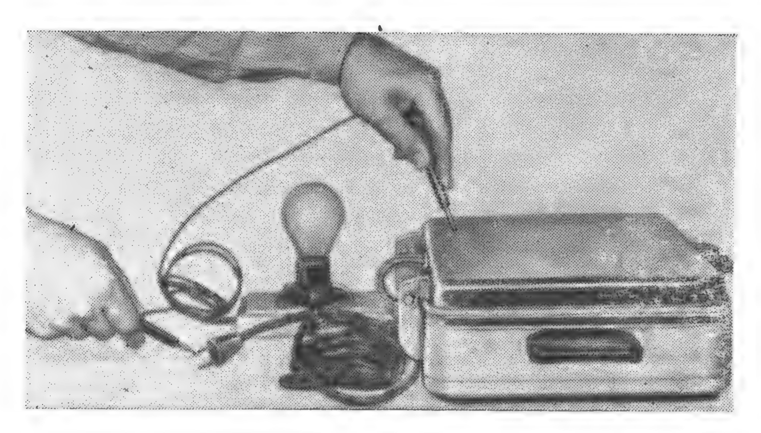


Рис. V.90. Для того чтобы проверить, нет ли в электровафельнице опасных замыканий между отдельными витками нагревательного элемента и корпусом прибора, можно воспользоваться испытательным прибором для обнаружения обрывов.

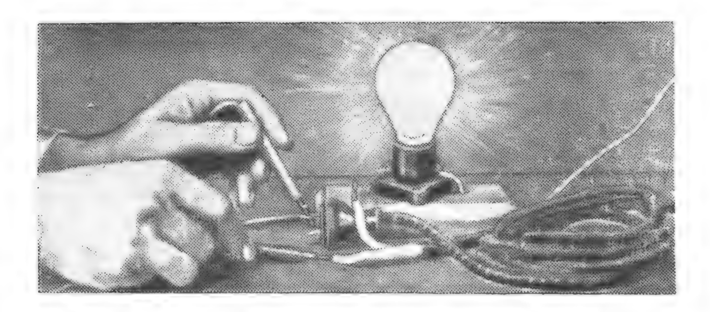


Рис. V.91. Испытательный прибор для обнаружения обрывов применяется и для проверки целости электрошнура.

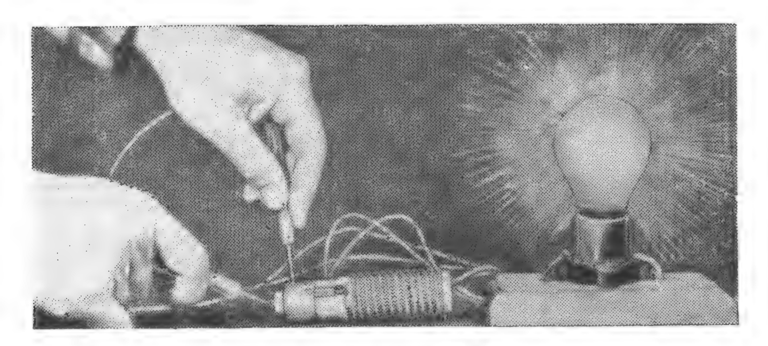


Рис. V.92. При помощи испытательного прибора для обнаружения обрывов можно найти короткое замыкание или обрыв.

водом и корпусом также применять устройство для обнаружения обрывов. Один из испытательных концов в этом случае прикладывают к обоим зажимам электроприбора, а другим концом касаются его корпуса. Если лампа зажигается, это указывает на то, что нагревательный элемент и корпус соединены между собой. Чтобы обеспечить безопасность обращения с электроприбором, необходимо устранить в нем все замыкания на корпус.

Проверка шнура нагревательного прибора. Допустим, что в результате проверки бытового электроприбора при помощи испытательного устройства для обнаружения обрывов установлено, что в нем имеется обрыв или короткое замыкание на корпус. В этом случае необходимо определить место неисправности. Большинство неисправностей в переносных электроприборах, таких, например, как электроутюги, вафельницы, обогревательные устройства и т. п., возникают из-за обрыва провода в электрошнуре. Из-за постоянных изгибов этих шнуров в них перетираются провода. При проверке шнур следует отсоединить от нагревательного прибора. С помощью контрольной лампы необходимо определить, имеется ли обрыв в каждом проводе шнура и нет ли короткого замыкания между проводами. Если в результате проверки обнаруживается любая из этих неисправностей, то шнур следует отремонтировать или заменить новым.

Проверка электронагревательного элемента. Приложите испытательные концы к двум зажимам нагревательного элемента (рис. V.92). Если лампа не загорится, это укажет на обрыв в нагревательном элементе. Перегоревшие нагревательные элементы большинства электроприборов перемотать затруднительно. Поэтому такой элемент нужно удалить и вместо него вставить новый.

ИНТЕРЕСНЫЕ САМОДЕЛКИ И ЗАДАНИЯ

1. Испытательный прибор

Необходимые материалы и детали:

Небольшая коробка из пластмассы	1
Неоновая лампочка типа МН-3	1
Резиновая изолирующая шайба	1
Конденсатор 0,1 *мкф*, 400 *в*	1

Контактные гнезда с корпусом из изоляционного материала	2
Изолированные контактные штифты для испытательного конца	2
Провод для испытательных концов	1 *м*
Электрошнур с диаметром провода 1 *мм*	2 *м*
Штепсельная вилка	1
Изолированные наконечники для испытательного конца	2

Испытательный прибор для обнаружения обрывов, упоминавшийся выше, похож на испытательные приборы, используемые в мастерских по ремонту бытовых электроприборов. Однако в связи с тем, что зажимы лампового патрона в таком приборе находятся под напряжением, школьникам применять его не рекомендуется. Ниже дано описание компактного испытательного прибора. С его помощью можно проверять отсутствие обрывов в схемах и деталях с сопротивлением вплоть до 200 000 *ом*.

Возьмите пластмассовую коробку, не слишком большую, поскольку в ней разместятся лишь конденсатор и контактные гнезда. На рис. V. 93 изображена коробка прибора высотой 16 *мм*, шириной 32 *мм* и длиной 64 *мм*. В крышке коробки просверлите отверстие под резиновую шайбу. Для ввода шнура и установки контактных гнезд просверлите отверстия диаметром 6 *мм* в располо-

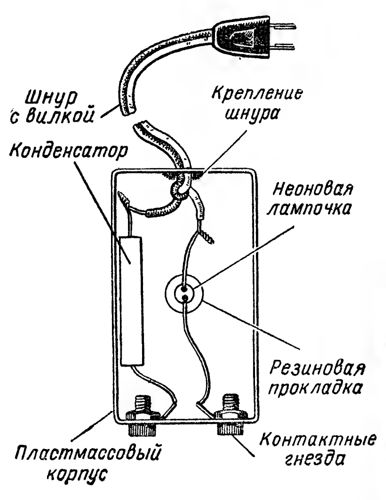


Рис. V.93. Самодельный испытательный прибор для обнаружения обрывов (со снятой крышкой).

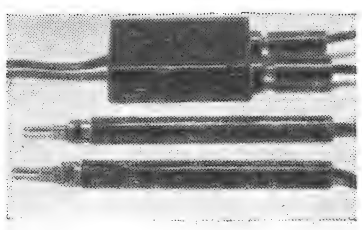


Рис. V.94. Собранный испытательный прибор.

женных друг против друга коротких боковых стенках. Вставьте в отверстие, просверленное в крышке, резиновую шайбу. В отверстие шайбы медленно и без сильного нажима введите неоновую лампочку так, чтобы ее конец выступал из коробки примерно на 3 *мм*. В два других отверстия, расположенных на одной боковой стенке, вставьте гнезда, а через противоположные им отверстия пропустите шнур. Выполните необходимые соединения по рис. V.93. Наконечники для испытательных концов можно изготовить из фибровых стержней и гвоздей. На одних концах испытательных проводов закрепите изолированные наконечники, а на других — штыревые контакты. Вставьте штепсельную вилку испытательного прибора в розетку сети переменного тока 127 или 220 *в* и прикоснитесь одним испытательным концом к другому. Если при этом неоновая лампочка ярко засветится, это означает, что испытательный прибор готов к использованию для проверки схем.

2. Электрическая плитка

Необходимые материалы и детали:

Кастрюлька емкостью 0,5 *л* с крышкой	1
Асбестовый круг толщиной 5 *мм* (диаметр асбестового круга должен быть равен внутреннему диаметру используемой кастрюльки)	1
Нихромовый провод ∅ 0,28 *мм*	12 *м*

Намотайте спираль и разместите ее на асбестовом круге (или керамическом основании).

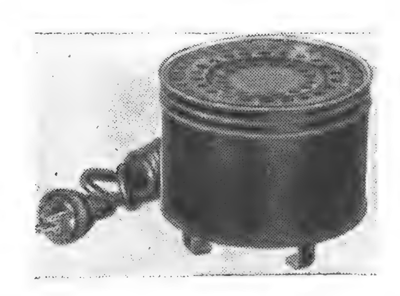


Рис. V.95. Самодельная плитка.

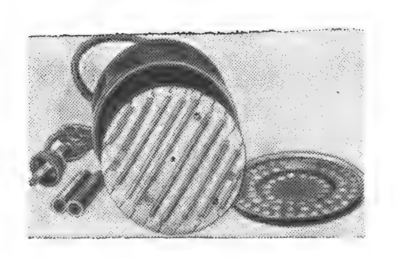


Рис. V.96. Отдельные части электрической плитки.

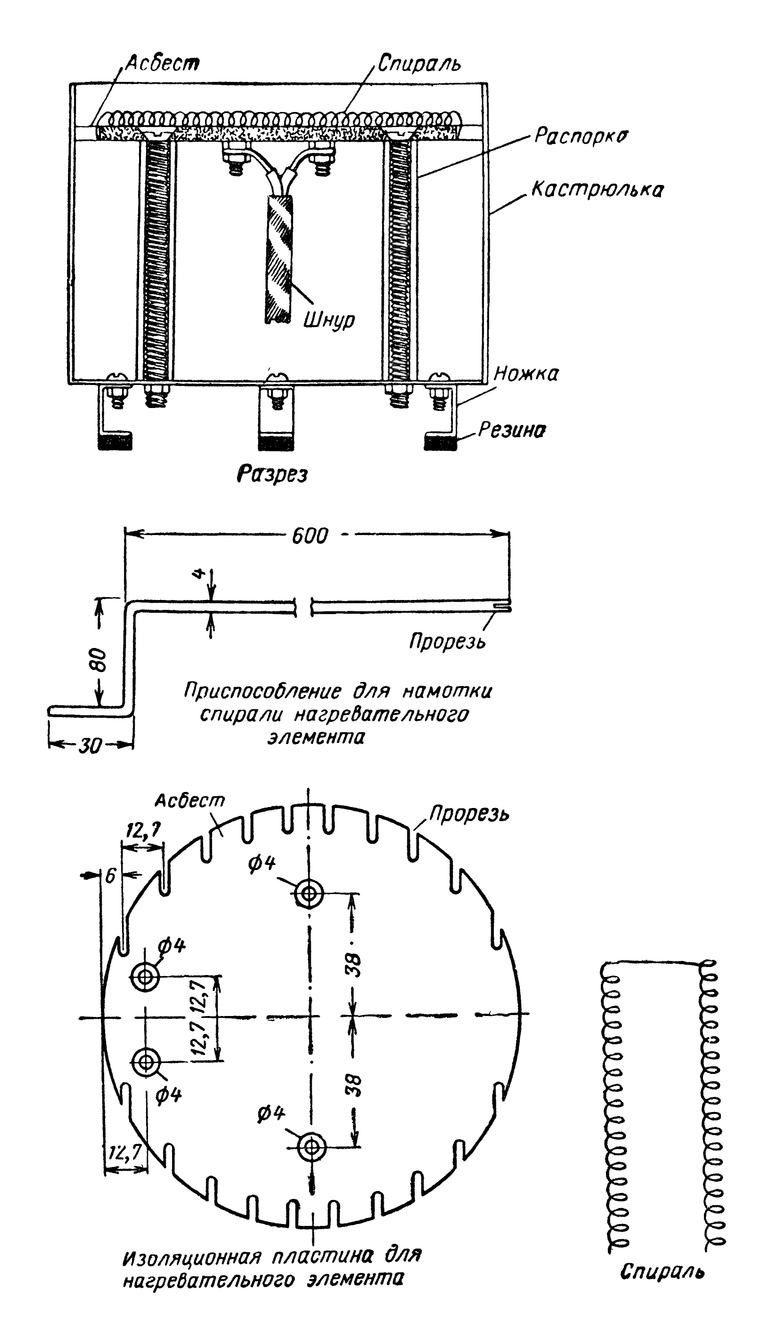


Рис. V.97. Детали электрической плитки.

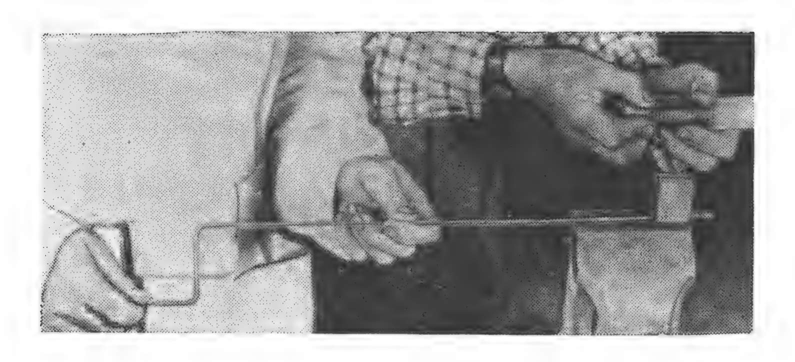


Рис. V.98. Вставьте стержень приспособления для намотки спирали, изображенного на рис. V.97, между двумя деревянными брусками (каждая шириной 25 *мм* и длиной 150 *мм*) так, чтобы конец стержня выступал из них примерно на 10 *мм*. Зажмите деревянные бруски в тисках, но не слишком сильно, а так, чтобы стержень можно было бы легко проворачивать рукой за рукоятку. Вставьте конец нихромового провода в прорезь, сделанную на конце бронзового стержня, и медленно поворачивайте стержень за рукоятку до тех пор, пока витки провода не дойдут до деревянных пластин. Намотку нагревательного элемента должны вести два человека: один поворачивает стержень за рукоятку, а другой подает провод. Для того чтобы витки провода были намотаны на стержень достаточно плотно, при намотке провод должен быть натянут. Как только наматываемые витки достигнут деревянных брусков, подача стержня при намотке будет осуществляться автоматически до тех пор, пока весь провод не окажется намотанным на стержень.

Подсоедините свободный конец шнура для нагревательных приборов к зажимам. В днище кастрюльки просверлите два отверстия диаметром 4 *мм* как раз напротив отверстий в нагревательном элементе. Кроме того, просверлите отверстие в боковой стенке кастрюльки для установки резиновой шайбы. Вставьте шайбу в это отверстие и выведите через нее конец шнура. Смонтируйте собранный нагревательный элемент на днище кастрюльки, для чего воспользуйтесь двумя трубками, служащими в качестве распорок, и винтами длиной 76 *мм*. Подсоедините штепсельную вилку к шнуру. Приклейте кусочки резины к опорным торцам ножек, чтобы они не пачкали стол.

Если штепсельную вилку этого электроприбора вставить в розетку сети переменного тока 127 *в*, то плитка будет выделять достаточно тепла, чтобы поданный к столу согретый кофе сохранял свою температуру.

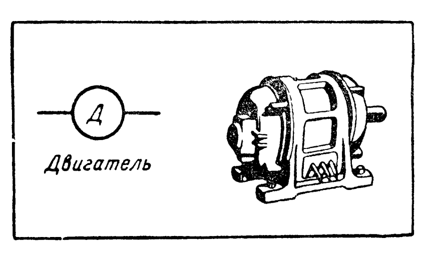
Контрольные вопросы

1. Назовите электроприборы, в которых используются нагревательные элементы.
2. Какой провод используется в нагревательном элементе?
3. В чем преимущества нагревательного элемента из вольфрамового стержня?
4. Какого типа тепловой регулятор применяется в большинстве нагревательных приборов?
5. Объясните, как действует тепловой регулятор в бытовых электроприборах.
6. Нарисуйте схему испытательного прибора для обнаружения обрывов.
7. Как с помощью испытательного прибора для обнаружения обрывов можно обнаружить обрыв нагревательного элемента?
8. Объясните, как с помощью испытательного прибора для обнаружения обрывов определить, имеется ли в проверяемом приборе короткое замыкание на корпус.
9. В каком месте электроприбора чаще всего возникают неисправности?
10. Почему в случае перегорания нагревательного элемента обычно необходимо заменять его новым?

22. ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЬ

Назначение электродвигателя. Конструкция электродвигателя весьма сходна с конструкцией электрогенератора. Как и в генераторе, в электродвигателе имеется якорь и обмотки возбуждения. Электродвигатели используются в вентиляторах, холодильниках, швейных машинах, пылесосах, стиральных машинах, токарных станках, циркулярных пилах, кинопроекторах и т. п.

Принцип работы простейшего электродвигателя постоянного тока. Электродвигатели и генераторы во многих отношениях весьма сходны, и в некоторых случаях генераторы могут использоваться в качестве двигателей, а двигатели — в качестве генераторов. В § 8 и 16 отмечалось, что генератор создает ток, когда его проволочная катушка вращается в магнитном поле. Простейший



Условное обозначение электродвигателя.

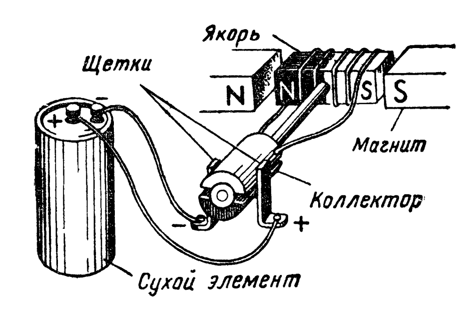


Рис. V.99. Якорь начинает вращаться из-за отталкивания одноименных полюсов самого якоря и магнита, возбуждающего поле.

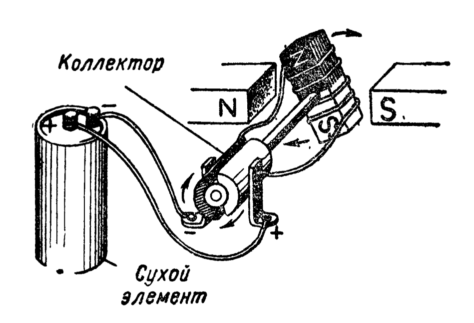


Рис. V.100. Якорь повернулся настолько, что он оказался в таком положении, когда разноименные полюса притягивают друг друга. Коллектор поворачивается вместе с якорем.

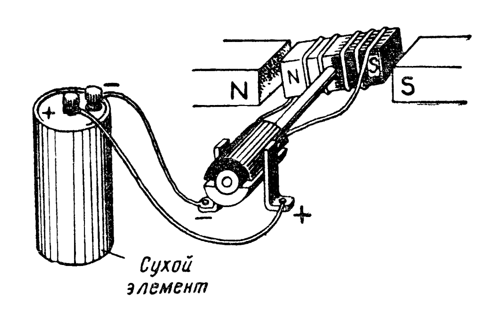


Рис. V.101. В данный момент полярность якоря изменена коллектором так, что одноименные полюса снова отталкивают друг друга.

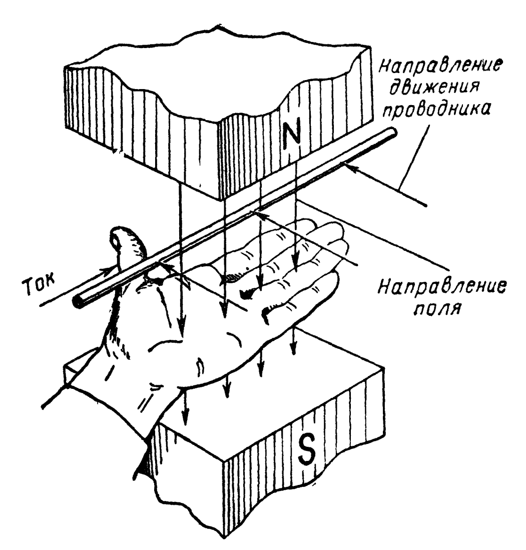


Рис. V.102. Правило левой руки. Бoльшой палец указывает направление движения проводника с током в магнитном поле.

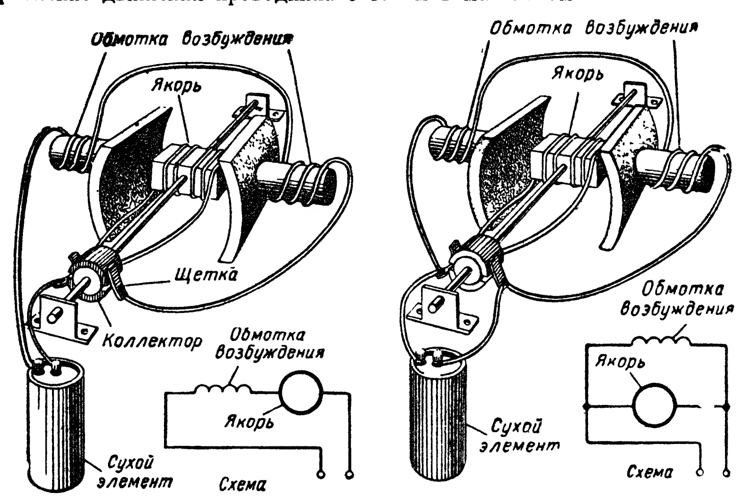


Рис. V.103. Рис. V.104

Рис. V.103. Электродвигатель, у которого обмотка возбуждения соединена последовательно с якорной обмоткой.

Рис. V.104. Электродвигатель, у которого обмотка возбуждения соединена с якорной обмоткой параллельно.

генератор можно превратить в двигатель, преобразующий электрическую энергию в механическую. Для этого следует подсоединить к щеткам батарею так, как показано на рис. V.99. Через обмотки якоря проходит ток. Каждый электромагнит имеет северный и южный полюс, следовательно, и якорь имеет северный и южный полюс.

Щетка, расположенная с левой стороны, соединяется с отрицательным зажимом батареи, и ток проходит так, что одна сторона якоря становится северным полюсом, а другая — южным. Щетка справа соединяется с положительным зажимом батареи. Таким образом, северный полюс якоря расположен рядом с северным полюсом магнита, а южный полюс якоря — рядом с южным полюсом магнита.

Благодаря отталкиванию одноименных магнитных полюсов якорь начинает вращаться. При вращении якоря его северный полюс притягивается к южному полюсу магнита. Перед тем как происходит сближение полюсов в результате их взаимного притяжения, при помощи коллектора изменяется полярность якоря. Снова разноименные полюса отталкивают друг друга, и вращение якоря продолжается (рис. V.100 и V.101). Направление движения проводника с током в магнитном поле определяется правилом левой руки (рис. V. 102).

Двигатели с обмотками возбуждения, служащими в качестве электромагнитов. Вместо постоянного магнита для создания магнитного поля обычно используют электромагниты. На рис. V.103 и V.104 показано, что обмотки возбуждения можно соединить с якорем как последовательно, так и параллельно.

Якорь с несколькими обмотками. Для того чтобы увеличить коэффициент полезного действия электродвигателя, на одном якоре размещают несколько обмоток. В этом случае применяют коллектор с соответствующим числом секций, обеспечивающих поочередное подключение каждой обмотки. Благодаря этому щетки постоянно находятся в контакте с той обмоткой, полюса которой в данный момент расположены непосредственно между полюсами обмотки возбуждения, создающей основное поле.

Применение электродвигателей переменного тока. Некоторые электродвигатели могут работать как на постоянном, так и на переменном токе. Коллекторные двигатели, в которых поле создается с помощью электро-



Рис. V.105. Якорь электродвигателя, на котором видны пластины коллектора. Пластины изолированы друг от друга и соединены с различными якорными обмотками.

магнита, работают как на постоянном, так и на переменном токе. Когда эти двигатели питаются переменным током, направление магнитного поля непрерывно изменяется как в якоре, так и в обмотках возбуждения. Поскольку направление токов в якоре и обмотках возбуждения изменяется одновременно, полярность якоря и этих обмоток также меняется соответствующим образом. Когда один из полюсов обмотки возбуждения является северным, то ближайший к нему полюс якоря также будет северным, и эти полюсы будут отталкивать друг друга. Когда направление тока изменяется, этот полюс обмотки возбуждения становится южным, однако одновременно ближайший к нему полюс якоря также становится южным, и оба эти полюса продолжают отталкивать друг друга.

Ремонт универсального электродвигателя. Небольшие электродвигатели, рассчитанные на работу как на постоянном, так и на переменном токе, называются универсальными. В этих электродвигателях обмотка возбуждения соединена последовательно с якорной обмоткой, как это показано на рис. V.103. Небольшие

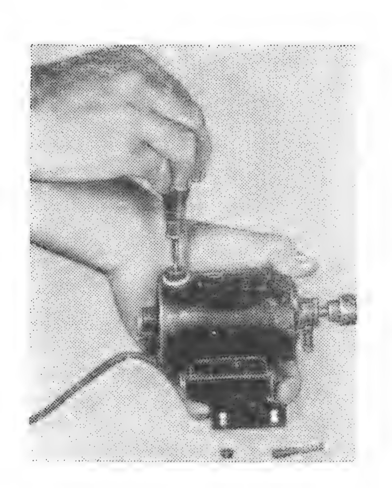


Рис. V.106. Удаление стершихся щеток из электродвигателя, установленного в швейной машине.

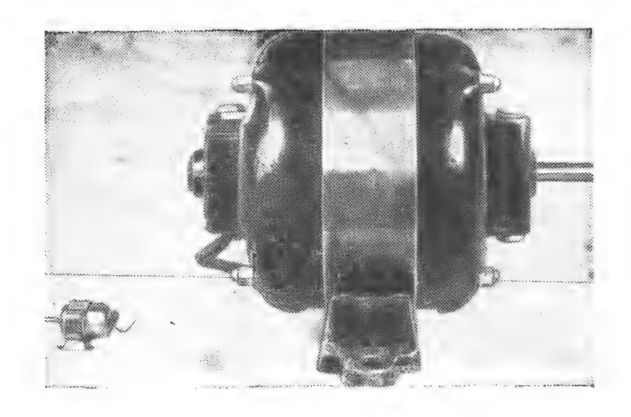


Рис. V.107. Промышленность выпускает электродвигатели многих типоразмеров.

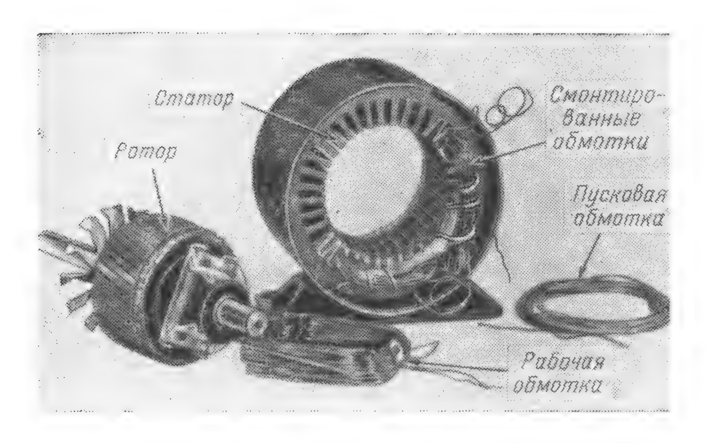


Рис. V. 108. Асинхронный электродвигатель работает на переменном токе и не имеет щеток и коллектора.

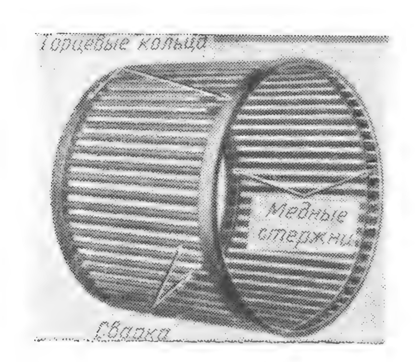


Рис. V.109. Ротор в форме беличьей клетки. Он будет иметь такой вид, если образующие его медные стержни извлечь из пазов сердечника ротора, набранного из стальных пластин, и вновь собрать.

электродвигатели такого типа применяются в пылесосах, вентиляторах, швейных машинах и в других электробытовых приборах.

Угольные щетки в универсальных электродвигателях в ходе эксплуатации постепенно стираются, и наступает момент, когда их необходимо сменить. Перед сменой щеток следует обязательно отключить электроприбор от сети. Вновь вставляемые щетки должны быть того же типа и размера, что и установленные заводом-изготовителем электроприбора. Старые щетки можно удалить, вывинтив винты щеткодержателей, расположенных в корпусе двигателя (рис. V.106). Винт, ввинчиваемый в щеткодержатель, оказывает давление на пружину, удерживающую щетку в контакте с пластиной коллектора.

Коллектор электродвигателей периодически необходимо чистить. Для чистки иногда требуется разбирать двигатель. При разборке двигателя щетки нужно вынимать, иначе их можно повредить. Чистят коллектор очень тонкой наждачной бумагой до блеска и протирают спиртом.

В некоторых двигателях имеются отверстия для заливки масла. Масло следует использовать весьма экономно и не допускать его попадания на щетки и пластины коллектора.

Асинхронные электродвигатели. Наиболее распространенным типом электродвигателя, работающего на переменном токе, является асинхронный двигатель. Такие двигатели используют в холодильниках, вентиляторах, стиральных машинах и во многих других машинах и устройствах. Они работают на переменном токе, и в них нет коллектора и щеток.

Асинхронный двигатель состоит из двух основных частей: статора с системой неподвижных обмоток, намотанных на корпусе двигателя, и ротора, вращающегося между полюсами статора (рис. V.108). Ротор набран из стальных пластин с пазами, в которые закладываются медные стержни. Концы медных стержней, заложенных в пазы стального сердечника, соединены между собой двумя медными кольцами. Ротор такого типа называется «беличьим» колесом (рис. V.109). Статор подобно первичной обмотке трансформатора наводит ток в роторе.

Когда магнитное поле статора наводит ток в медных стержнях ротора, последний превращается в электро-

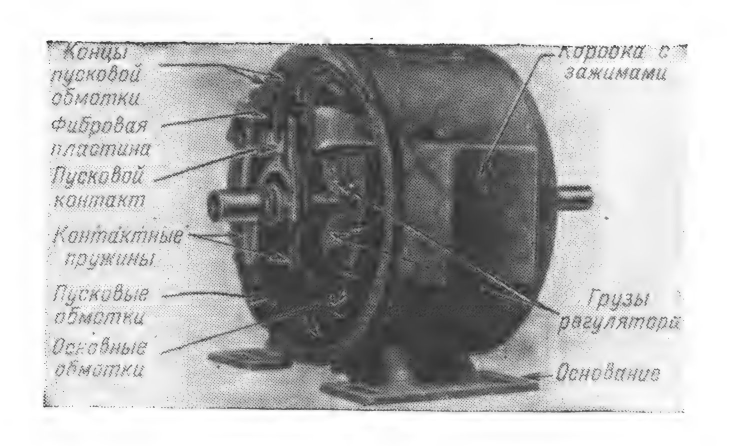


Рис. V.110. Электродвигатель переменного тока со снятой крышкой.

магнит. Магнитное поле статора взаимодействует с магнитным полем ротора. В результате этого ротор вращается. Основное преимущество двигателя асинхронного типа связано с тем, что у него нет ни щеток, ни коллектора. Такой двигатель является весьма надежным.

Запуск асинхронного двигателя. Для того чтобы ротор начал вращаться, в некоторых типах электродвигателей применяют пусковое устройство. Наиболее распространен запуск асинхронного двигателя при помощи двух статорных обмоток. Одна обмотка называется рабочей, а другая — пусковой (рис. V.110). Пусковая обмотка позволяет запустить двигатель, т. е. привести во вращение его ротор. Когда скорость вращения двигателя достигает заданной величины, пусковая обмотка отключается. Когда пусковая обмотка отсоединена, вращение двигателя поддерживается рабочей обмоткой. Автоматический выключатель, встроенный в двигатель, действует таким образом, что, когда скорость вращения ротора возрастает до заданной величины, выключатель разрывает цепь пусковой обмотки. Когда двигатель останавливается, контакты выключателя автоматически замыкаются и пусковая обмотка оказывается снова подключенной к сети.

1. Электродвигатель

Необходимые материалы и детали:

Куски жести 12×125 *мм*	2
Куски жести 12×48 *мм*	2
Стальной круглый стержень ∅ 11,5 *мм* длиной 64 *мм*	1
Куски листовой латуни толщиной 1,3 *мм* 10×32 *мм*	2
Полоски листовой бронзы для пружин толщиной 0,4 *мм* 6×28 *мм*	2
Бронзовая трубка с внутренним диаметром 6 *мм* и длиной 13 *мм* с толщиной стенки 0,6 *мм*	1
Круглый фибровый стержень ∅ 6 *мм* длиной 13 *мм*	1
Деревянное основание 13×64×76 *мм*	1
Деревянный брусок 10×13×18 *мм*	1
Винт М5 зажима длиной 25 *мм*	1
Катушка обмоточного провода ∅ 0,6 *мм* с хлопчатобумажной или эмалевой изоляцией	1

Вырежьте два куска жести и просверлите их так, как показано на рис. V.112. Эти куски жести предназначены для каркаса катушки возбуждения. Наложите один кусок на другой и спаяйте их по кромке в средней части. Затем согните двойной лист и придайте ему форму, показанную на рисунке. После этого спаяйте эти листы по кромке в оставшейся части. Оберните плоский конец изготовленного каркаса для катушки возбуждения изоляционной лентой или тонким картоном, а поверх ленты или картона намотайте четыре слоя обмоточного провода.

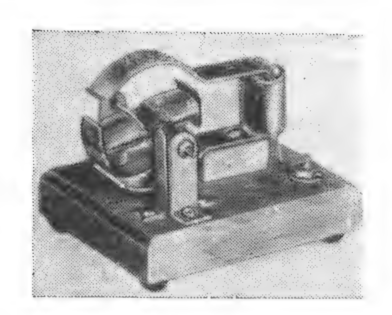


Рис. V.111. Электродвигатель

В деревянном бруске и в деревянном основании просверлите отверстие диаметром 4 *мм* и с помощью винтов с круглыми головками закрепите каркас катушки возбуждения на деревянном основании. Вырежьте из жести два небольших куска для каркаса якоря (рис. V.112) и спаяйте их по кромке. Вставьте в сере-

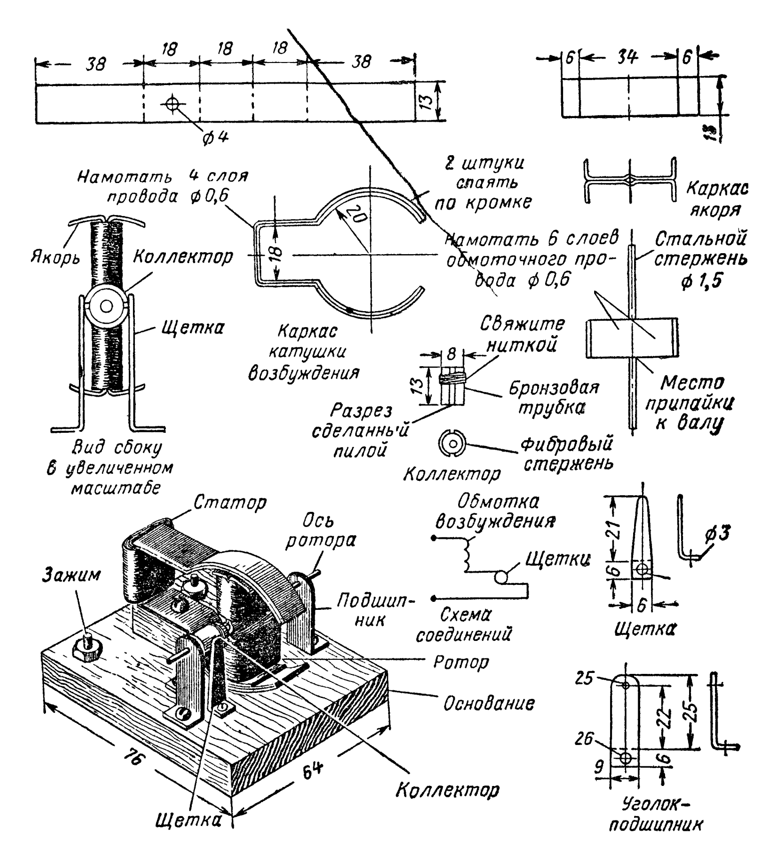


Рис. V.112. Детали и общий вид двигателя.

дину якорного каркаса круглый стальной стержень и припаяйте его к каркасу. Оберните якорь изоляционной лентой или тонким картоном и, начав с центра вблизи стержня, намотайте по четыре слоя обмоточного провода с каждой стороны якоря. Обе обмотки должны быть намотаны в одном и том же направлении, причем каждая обмотка должна начинаться и заканчиваться у центра якоря так, чтобы концы обмоток можно было присоединить непосредственно к коллектору.

Просверлите отверстие по оси фибрового стержня, чтобы он плотно садился на вал. Разрежьте бронзовую трубку вдоль на две разные половины и насадите каждую половину на фибровый стержень; закрепите бронзо-

вые секции на стержне несколькими витками прочной нити на каждом конце. Наматывая нить, отступите от конца бронзовой секции настолько, чтобы нить не загорелась при подпайке концов обмотки якоря.

Укрепите коллектор на стальном стержне рядом с якорем так, чтобы щели в коллекторе находились по обеим сторонам якоря. Припаяйте каждый конец якорной обмотки к той пластине коллектора, которая находится на той же стороне вала. Просверлите две пластинки из листовой бронзы, которые будут служить в качестве подшипников, и придайте им требуемую форму. Вставьте в подшипники вал и закрепите их шурупами на деревянном основании. Из листовой бронзы для пружин вырежьте две щетки, а затем просверлите в каждой из них по отверстию, как показано на рисунке.

Установите щетки на деревянном основании по одной с каждой стороны коллектора и закрепите их шурупами. Давление щеток на коллектор должно быть отрегулировано с таким расчетом, чтобы обеспечивался хороший контакт между ними и коллектором. Однако это давление не должно быть слишком большим, чтобы не затруднять вращение якоря. На концах вала, выступающих за подшипники, в непосредственной близости от них следует напаять небольшие гайки.

Соедините двигатель с зажимами, проложив по нижней поверхности деревянного основания провода, соединяющие один из зажимов с шурупом, крепящим щетку к основанию. Соедините один из концов катушки возбуждения с шурупом, крепящим к основанию другую щетку. Подсоедините второй конец катушки возбуждения ко второму зажиму. Проверьте двигатель. Такой двигатель рассчитан на питание от трансформатора, описанного выше. Однако он будет также работать и от других источников питания, таких, например, как сухие элементы или аккумуляторные батареи. В зависимости от требуемой скорости вращения для питания нашего самодельного электродвигателя можно использовать постоянное напряжение от 4 до 10 *в*.

2. Электродвигатель переменного тока

Необходимые детали и материалы:

Стальной круглый стержень ∅ 16 *мм* длиной 25 *мм* . .	1
Стальная лента 3×18×280 *мм*	1
Стальные круглые стержни ∅ 13 *мм* длиной 15 *мм* . . .	2

Стальной круглый стержень ∅ 3 *мм* длиной 90 *мм* . .	1
Катушка обмоточного провода ∅ 0,5 *мм* с эмалевой или хлопчатобумажной изоляцией	1
Фибровые прокладки толщиной 1,5 *мм* и ∅ 22 *мм* . . .	4
Деревянное основание 13×75×150 *мм*	1
Винты стальные М4 длиной 25 *мм*	2
Винты М4 зажима	2

Этот электродвигатель работает со скоростью 3 600 *об/мин*. В отличие от двигателя постоянного тока, снабженного коллектором и щетками, двигатель переменного тока нуждается в запускающем устройстве. Данный двигатель рассчитан на питание от трансформатора, описанного в § 17.

Согните кусок стальной ленты так, чтобы один ее конец образовал кольцо диаметром 65 *мм*, и затем просверлите в ленте отверстия согласно рис. V. 114. Отверстия сверлите посередине ленты. Просверлите отверстия диаметром 6 *мм* в центре фибровых прокладок и наденьте эти прокладки на концы стальных стержней. На этом заканчивается изготовление каркасов для катушек возбуждения.

Раззенкуйте отверстие в одной из прокладок, устанавливаемой на концах каждого каркаса катушки возбуждения, чтобы винт, которым она крепится по месту, был заподлицо с поверхностью прокладки (рис. V.113). Намотайте на каркасы катушек возбуждения шесть слоев обмоточного провода и прикрепите изготовленные катушки к станине статора при помощи винтов и гаек.

Временно соедините между собой по одному проводу от каждой катушки возбуждения и подключите два остальных провода к сухому элементу. Поместите магнитный компас вблизи одной из катушек возбуждения и обратите внимание на то, какой конец стрелки компаса притягивается к катушке. Затем поместите компас вблизи другой катушки возбуждения и сделайте то же самое. Если катушками притягивают разные концы стрелки, то это означает, что

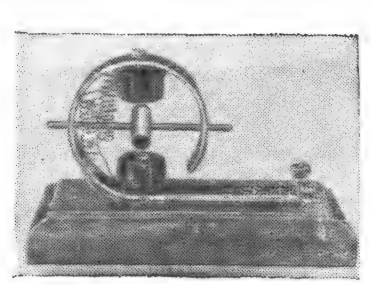


Рис. V.113. Самодельный электродвигатель переменного тока.

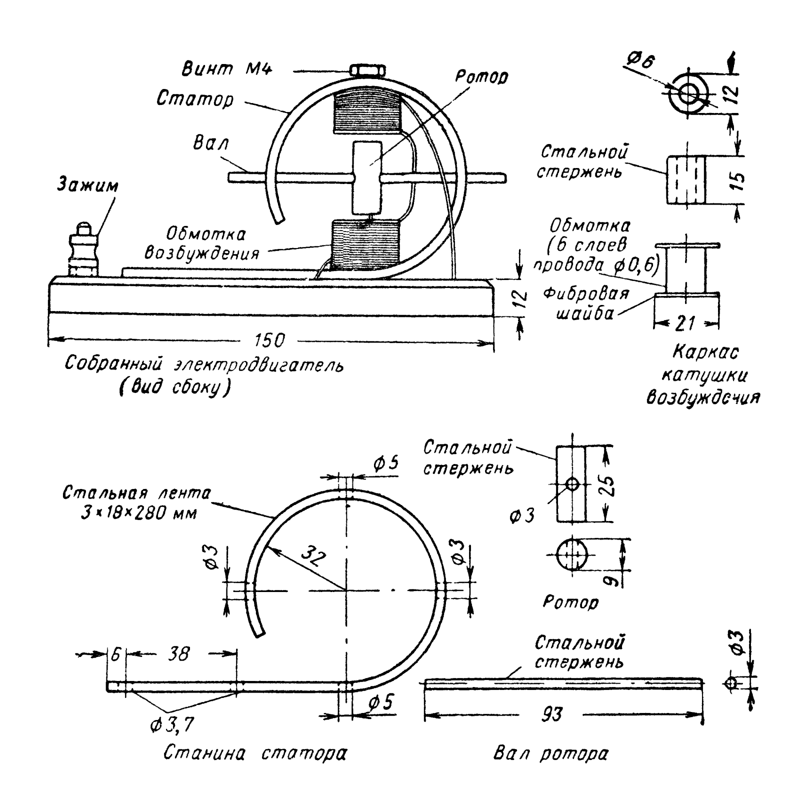


Рис. V.114. Общий вид электродвигателя переменного тока и его детали.

катушки соединены правильно и что временное соединение между ними можно сделать постоянным. Если обе катушки возбуждения притягивают один и тот же конец стрелки, то соединение между катушками надо изменить на противоположное.

Закрепите станину статора на деревянном основании шурупами и подсоедините два провода от катушек возбуждения к зажимам, установленным на основании. Для этого пропустите провода по нижней стороне основания и подведите их под головки зажимов. Просверлите отверстие диаметром 3 *мм* в середине стального стержня, который должен служить ротором (см. рисунок). Установите ротор в статорной станине между двумя катушками возбуждения. Вставьте вал ротора в одно из трех-

миллиметровых отверстий в станине, насадите на него ротор, а другой конец вала вставьте в противоположное отверстие в станине. Установите ротор точно посередине и припаяйте его к валу.

Подсоедините двигатель к трансформатору. Поворачивая вал ротора большим и указательным пальцами, попробуйте запустить двигатель. Первые попытки запуска скорее всего окажутся неудачными, но после того, как вы научитесь вращать вал, запуск двигателя облегчится.

3. Демонстрация принципа действия электродвигателя и использования правила левой руки

Необходимые материалы и детали:

Подковообразный магнит	1
Сухой элемент	1
Выключатель мгновенного действия	1
Медный провод ∅ 0,6 или 0,8 *мм* длиной 45 *см*	1

Деревянные планки и листовой металл для крепления магнита и проволочной рамки.

Для демонстрации принципа действия электродвигателя необходимы подковообразный магнит, сухой элемент, выключатель и проволочная рамка (рис. V. 115). Можно использовать любой подковообразный магнит.

Установите магнит так, чтобы один из его полюсов располагался непосредственно над другим. Из медного провода сделайте рамку и ее концы вставьте в отверстие консольных держателей, так чтобы рамка могла свободно перемещаться между полюсами магнита. В стационарном состоянии горизонтальный проводник рамки должен располагаться посередине между полюсами. Пользуясь гибким проводом, соедините концы рамки последовательно с выключателем и сухим элементом. Когда все соединения будут выполнены, замкните на мгновение контакты выключателя. Почему проволочная рамка начинает качаться? Если полярность магнита неизвестна, попробуйте определить положение северного и южного полюсов, воспользовавшись правилом левой руки (рис. V.102).

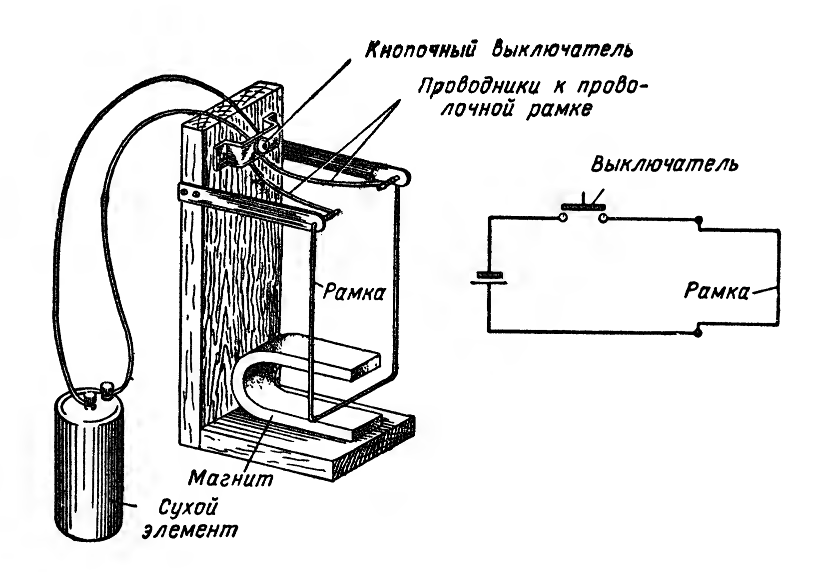


Рис. V.115. Схема устройства для демонстрации движения проводника с током в магнитном поле.

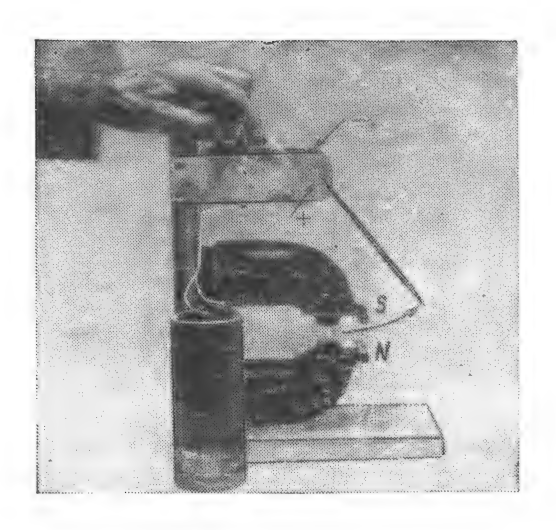


Рис. V.116. Общий вид устройства для демонстрации движения проводника с током в магнитном поле. Если магнит имеет полярность, указанную на рисунке, то рамка отклоняется вправо при замыкании контактов выключателя. Воспользуйтесь правилом левой руки и определите по отклонению рамки направление тока, проходящего в проволочной рамке.

Контрольные вопросы

1. Перечислите примеры применения электродвигателей.
2. Каково назначение коллектора в простейшем электродвигателе?
3. Нарисуйте схему простейшего электродвигателя.
4. Почему на якорях двигателей иногда размещается несколько обмоток?
5. Почему некоторые двигатели могут работать как на постоянном, так и на переменном токе? Как называются такие электродвигатели?
6. Как нужно чистить коллектор?
7. Назовите две основные части асинхронного двигателя.
8. В чем заключается основное преимущество асинхронного двигателя перед другими типами двигателей?
9. Расскажите, как устроен ротор типа беличьего колеса.
10. Как называются обмотки, используемые в асинхронном электродвигателе?

23. ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ СИСТЕМА АВТОМАШИНЫ

Назначение электрической системы. В автомашине электрическая энергия служит для многих целей: для запуска двигателей; для питания фар, освещающих дорогу; для зажигания горючего, которое при сгорании сообщает энергию двигателю машины; для питания таких приборов, как указатель уровня горючего, термометр и масляный манометр; для питания световой сигнализации, например стоп-сигнала и сигнала поворота, и для питания многочисленных вспомогательных приборов: радиоприемника, звуковых сигналов, обогревателя и т. п. Полная электрическая схема автомашины показана на рис. V. 118.

Аккумуляторная батарея. Аккумуляторная батарея является очень удобным источником электроэнергии. Она

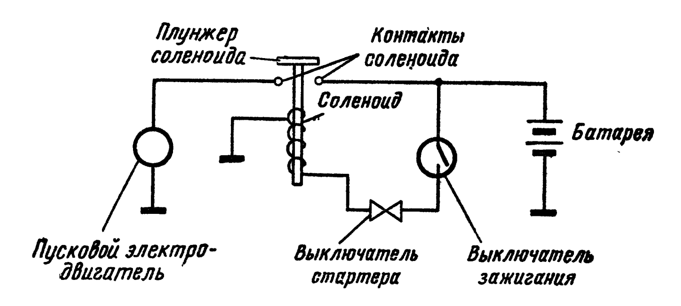


Рис. V.117. Электрическая схема запуска двигателя автомашины.

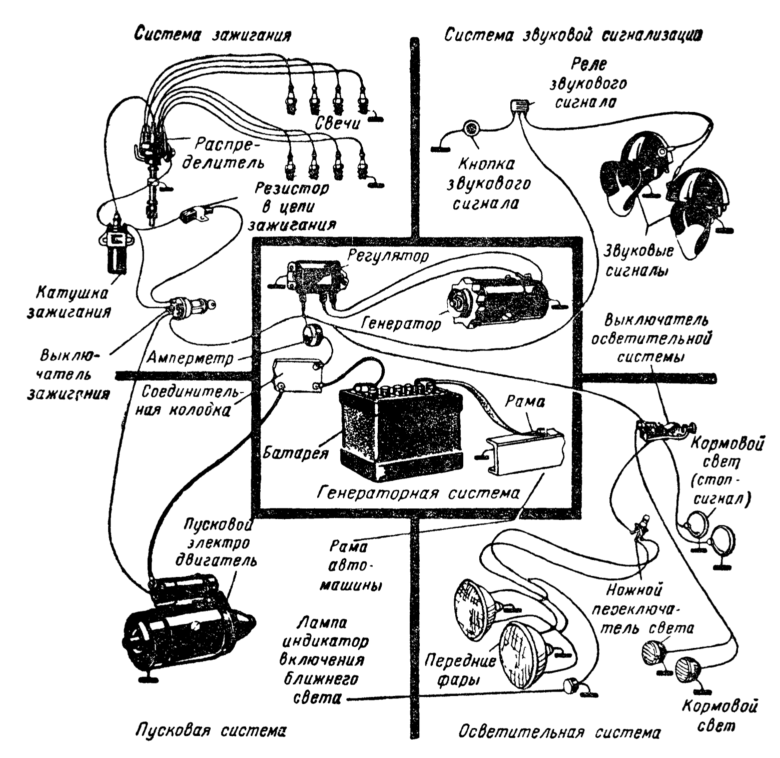


Рис. V.118. Типичная электрическая схема автомашины. Она состоит из 5 основных систем.

способна обеспечивать большой ток. Когда батарея разряжается, ее можно зарядить снова. Каждый элемент аккумуляторной батареи вырабатывает напряжение, равное 2 *в*. Для того чтобы получить от батареи 12 *в*, необходимо включить последовательно 6 элементов. В 6-*в* батарее используются 3 последовательно включенных элемента. В электрической системе атомашины применяются либо 6-*в*, либо 12-*в* батареи.

Для уменьшения провода, используемого в электрической схеме, в некоторых случаях возможно использовать соединение через шасси. В автомашинах большинства типов к шасси присоединяется отрицательный зажим батареи. Зажим батареи, соединенный с шасси, называется заземленным (соединенным на корпус).

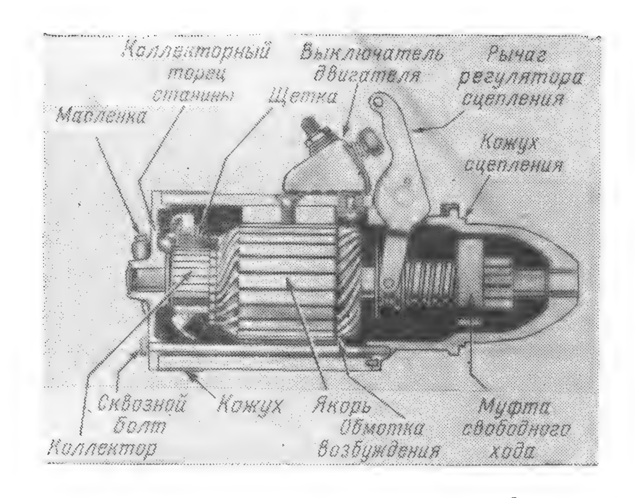


Рис. V.119. Конструкция электродвигателя постоянного тока, используемого для запуска двигателя автомашины.

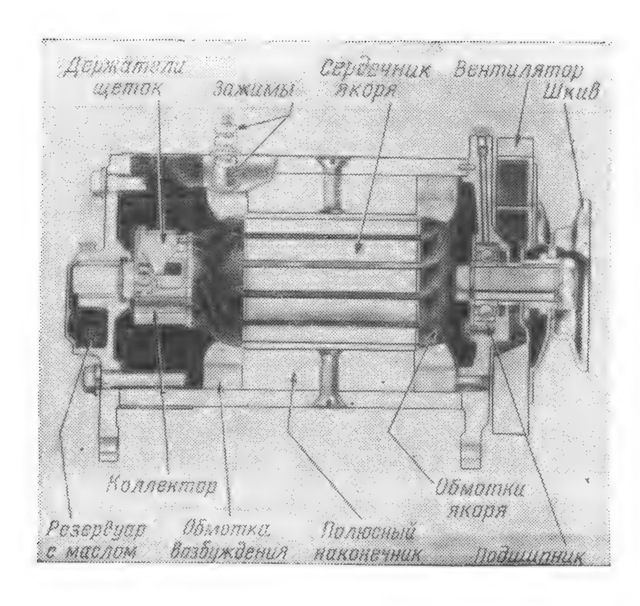


Рис. V.120. Конструкция двухщеточного автомобильного электрогенератора

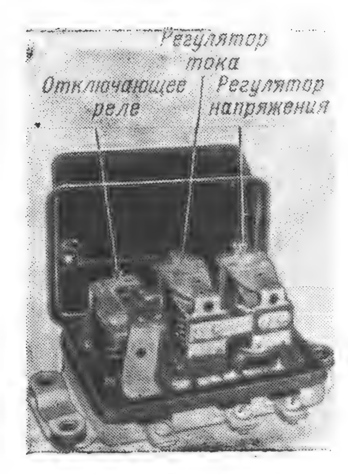


Рис. V.121. Реле-регулятор регулирует напряжение автомобильного генератора.

Пусковой электродвигатель. Для провертывания вала двигателя внутреннего сгорания и его запуска в автомашине используется электродвигатель постоянного тока. Он называется стартером. Провернуть вал современного двигателя внутреннего сгорания довольно тяжело, и поэтому стартер должен быть мощным.

На рис. V. 119 показана конструкция пускового электродвигателя.

Аккумуляторная батарея дает ток, достаточный для вращения вала двигателя внутреннего сгорания. Когда замыкается цепь включения стартера, он приводит во вращение вал двигателя внутреннего сгорания. Для этого вал пускового электродвигателя сцеплен с маховиком двигателя. Когда маховик начинает вращаться, одновременно поворачивается и вал двигателя.

При запуске двигателя автомашины пусковой электродвигатель отбирает у аккумуляторной батареи очень большой ток. Величина этого тока лежит в пределах от

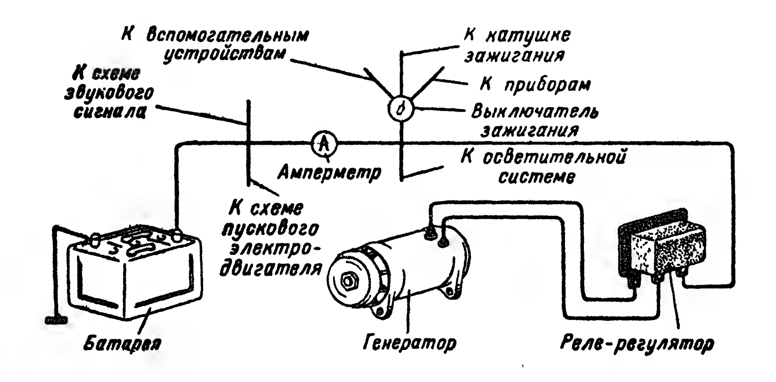


Рис. V.122. На электрической схеме автомашины показаны генератор и реле-регулятор, обеспечивающий стабильность напряжения.

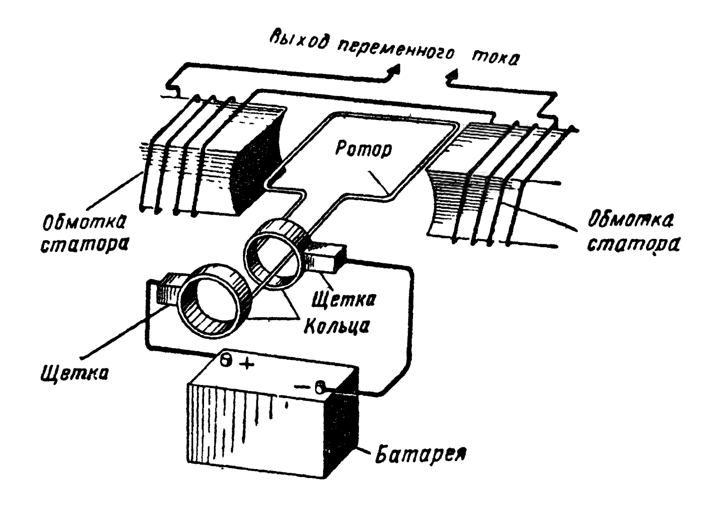


Рис. V.123. Упрощенная схема генератора переменного тока.

Рис. V.124. Генератор переменного тока 12 *в* в разрезе. Показаны обмотки, контактные кольца и выпрямители. Выпрямители служат для преобразования переменного выходного тока в постоянный ток:

1 — ротор; *2* — статор; *3* — подшипник; *4* — шкив; *5* — вентилятор; *6* — станина; *7* — «—» диода; *8* — соединение с корпусом (земля); *9* — теплоотвод; *10* — «+» генератора; *11* — «+» диода; *12* — подшипник; *13* — кольца; *14* — щетки; *15* — поле; *16* — вал; *17* — ступица.

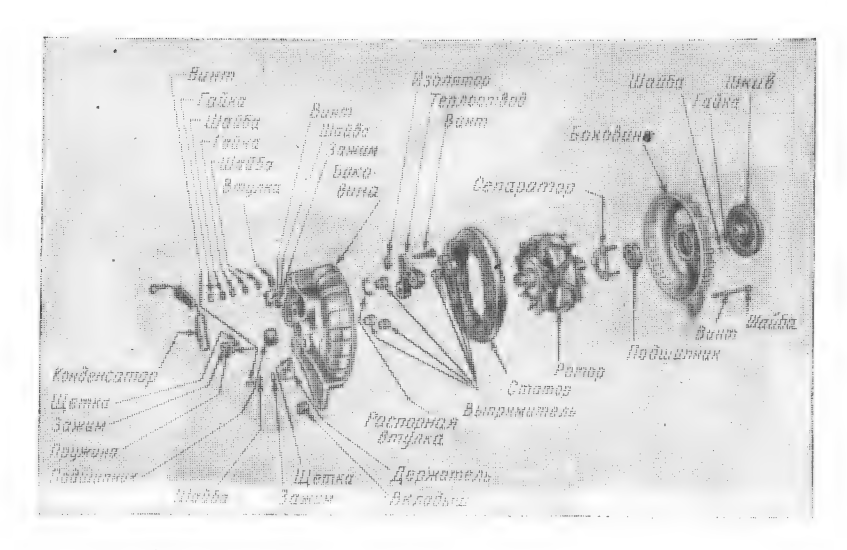


Рис. V.125. Детали генератора переменного тока.

150 до 500 *а* в зависимости от конструкции двигателя автомашины.

Для включения пускового электродвигателя в большинстве автомобилей применяется соленоидный выключатель. Когда через катушку соленоида (рис. V. 117) начинает проходить ток, плунжер опускается вниз, в результате замыкаются контакты и образуется электрическая цепь от батареи до пускового электродвигателя. Эти контакты замыкаются для того, чтобы пропустить очень большой ток, необходимый для питания пускового электродвигателя, вращающего вал двигателя автомашины. Когда двигатель автомашины начинает работать, выключатель стартера отключается, в результате чего катушка соленоида обесточивается. При этом под действием пружины плунжер отходит от катушки и размыкает контакты соленоида.

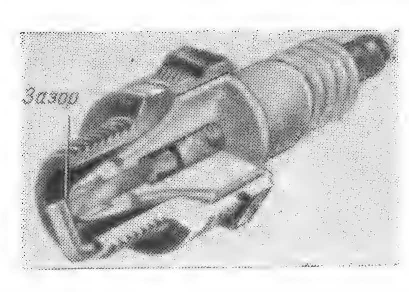


Рис. V.126. Конструкция запальной свечи.

Генератор. Аккумуляторная батарея может удовлетворять потребности автомашины в электричестве лишь в течение короткого времени. Для подзарядки батареи и питания электрической системы автомобиля нужен электрический генератор постоянного тока. Обычно генератор приводится во вращение ременным приводом от двигателя автомашины.

На щетки генератора с коллектора поступает постоянный ток, используемый в электрической системе автомашины. После того как с помощью пускового электродвигателя двигатель автомашины запущен, он вращает якорь генератора и последний дает постоянный ток. Как только на генераторе появляется напряжение, он начинает подзаряжать аккумуляторную батарею. Об этом можно судить по показанию амперметра, расположенного на щитке приборов автомашины. Если генератор не подзаряжает батарею, то на переднем щитке у некоторых типов автомашин зажигается красная лампочка, что предупреждает водителя.

Для того чтобы напряжение, вырабатываемое генератором, не повышалось сверх допустимого предела, используется специальное устройство — реле-регулятор. Этот регулятор обеспечивает автоматический контроль за выходным напряжением генератора. В случае 6-*в* электрической системы регулятор напряжения обычно регулирует напряжение генератора таким образом, чтобы оно не поднималось выше 7,2—7,4 *в*. В случае 12-*в* системы напряжение регулируется таким образом, чтобы оно не превышало 14,0—14,2 *в*. Для того чтобы заряжать батарею, напряжение генератора должно быть несколько выше напряжения батареи. В результате использования регулятора напряжения напряжение, питающее электрическую систему автомобиля, поддерживается стабильным (рис. V. 122).

Генератор переменного тока. У современных автомашин для приведения в действие ряда вспомогательных устройств требуется сравнительно большой ток. Таким образом, нагрузка генератора постоянного тока оказывается очень большой. Многие из вспомогательных устройств используются тогда, когда скорость автомашины мала, при этом генератор дает низкое напряжение.

Для преодоления трудностей, обусловленных использованием генератора постоянного тока, иногда в автомашинах применяют генератор переменного тока в со-

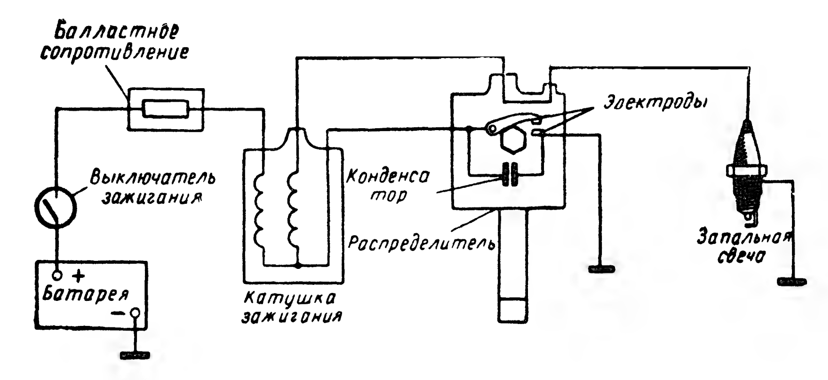


Рис. V.127. Основные узлы системы зажигания автомашины.

четании с выпрямительным устройством. Такая система позволяет получить достаточное выходное напряжение при малых скоростях машины, а также обладает превосходной эффективностью при высоких скоростях.

На роторе генератора переменного тока размещается катушка возбуждения, соединенная с контактными кольцами. Катушка возбуждения потребляет ток величиной 2 *а*. Она соединена с батареей при помощи щеток, находящихся в контакте с кольцами (рис. V.123). Когда ротор вращается, в статорных обмотках генератора наводится переменный ток. Так как кроме переменного тока необходим и постоянный ток (например, для зарядки батареи), то переменный ток, вырабатываемый генератором, пропускается через выпрямительное устройство. Выпрямительное устройство обычно содер-

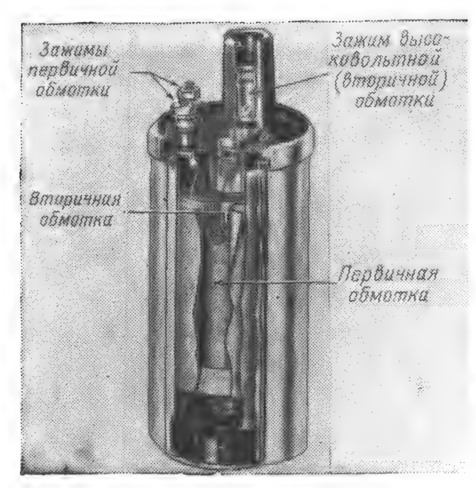


Рис. V.128. Катушка зажигания повышает напряжение батареи с целью получения высокого напряжения, которое требуется для запальных свеч.

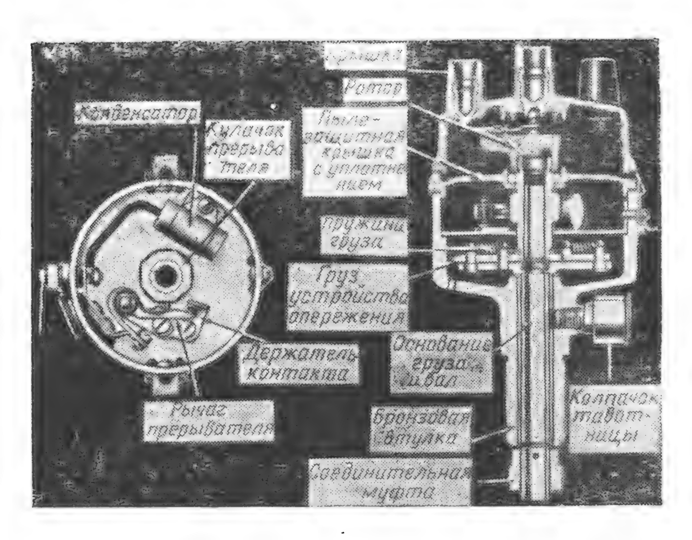


Рис. V. 129. Слева показан вид сверху на распределитель, с которого удалена крышка, чтобы были видны контакты и конденсатор. Справа — система зажигания в разрезе; виден ротор, насаженный на кулачковый прерыватель.

жит кремниевые диоды или селеновые вентили, преобразующие переменный ток в постоянный (рис. V.124 и V.125).

Система зажигания. В цилиндрах автомобильного двигателя происходят взрывы смеси горючего и воздуха. Энергия взрыва преобразуется во вращение коленчатого вала. Назначение системы зажигания состоит в создании высоковольтной электрической дуги и подведении ее к запальным свечам. Запальные свечи устанавливаются в цилиндрах и служат для зажигания в нужный момент горючей смеси.

Схема системы зажигания показана на рис. V.127. Для того чтобы произвести электрический пробой зазора запальной свечи, необходимо очень высокое напряжение. Поскольку батарея вырабатывает напряжение, равное всего 12 *в* (или 6 *в* в некоторых автомашинах), для получения высокого напряжения требуется повышающий трансформатор. Его иногда называют катушкой зажигания или индукционной катушкой (рис. V. 128). Первичная обмотка такой катушки насчитывает от 200 до 300 витков провода большого сечения, намотанного на стальной сердечник. Вторичная обмотка катушки зажигания

насчитывает от 16 000 до 23 000 витков тонкого обмоточного провода, намотанного на тот же сердечник, что и первичная обмотка. Трансформатор такого типа повышает напряжение до величины, превышающей 20 000 *в*.

Поскольку и батарея, и генератор вырабатывают постоянный ток, то для того, чтобы наводить ток во вторичной обмотке, нужно прерывать и вновь замыкать цепь первичной обмотки. Эту функцию выполняет распределитель (рис. V. 129). Распределитель содержит кулачковый прерыватель, связанный с двигателем автомашины. Прерыватель замыкает и размыкает контакты распределителя и, следовательно, одновременно замыкает и размыкает цепь первичной обмотки.

Кулачковый прерыватель сцеплен с ротором, который подключен к высоковольтной обмотке катушки зажигания. Ротор вращается и поочередно осуществляет контакт с соответствующими проводами от запальных свечей. В результате этого высокое напряжение поочередно подводится к каждой свече и в нужный момент в каждом цилиндре происходит зажигание горючей смеси.

Работа системы зажигания пояснена на рис. V. 130. Когда контакты прерывателя замкнуты, через первичную обмотку катушки зажигания течет ток (показанный стрелками) и образуется сильное магнитное поле. Когда эти контакты размыкаются, поле сокращается и исчезает. При этом магнитные силовые линии пересекают

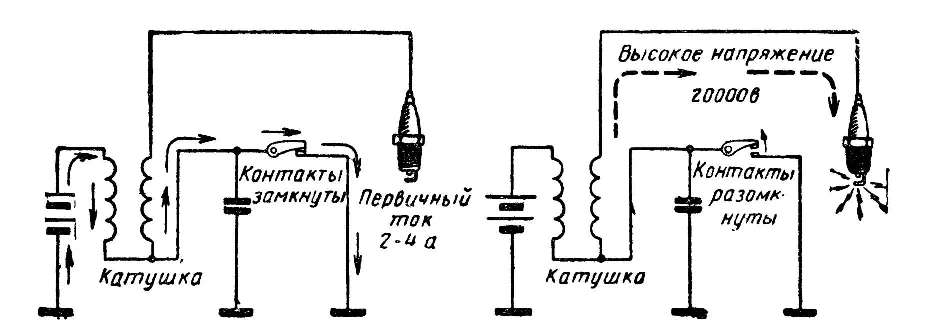


Рис. V.130. Стрелками показана цепь первичного тока при замкнутых контактах во время нарастания магнитного поля в первичной обмотке. Справа показано, что происходит, когда контакты разомкнуты: поле, связанное с током первичной обмотки, исчезает, в результате чего во вторичной обмотке возникает всплеск высокого напряжения, которое поступает на свечи.

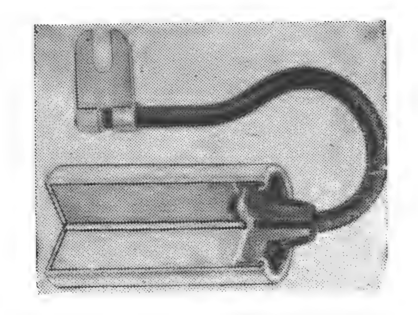


Рис. V.131. Общий вид конденсатора системы зажигания в разрезе. Такой конденсатор подключается параллельно контактам. Когда контакты разомкнуты, сильный ток проходит через конденсатор, чем предотвращается возникновение искры через контакты.

витки вторичной обмотки и в ней наводится высокое напряжение, которое через ротор подается на запальную свечу. В свече это напряжение оказывается приложенным к зазору, в котором проскакивает искра, зажигающая горючую смесь (прерывистые стрелки). При исчезновении магнитного поля в первичной обмотке катушки зажигания также наводится э. д. с. Поскольку контакты прерывателя в этот момент времени разомкнуты, цепь для тока оказывается разорванной, и между контактами прерывателя может проскакивать искра. Ток этой искры может быть столь велик, что, если не предпринять

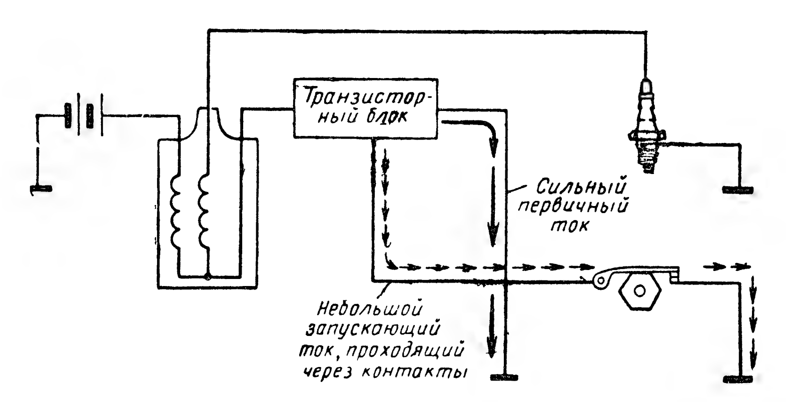


Рис. V.132. Схема транзисторной системы зажигания. «Транзисторный блок», упрощенно изображенный на схеме, помимо транзисторов содержит резисторы и диоды. В этой системе через контакты проходит лишь небольшой ток, который переключает транзистор. После переключения транзистора через него проходит весь первичный ток. Ввиду того что транзистор допускает большой первичный ток, в такой системе требуется специальная катушка.

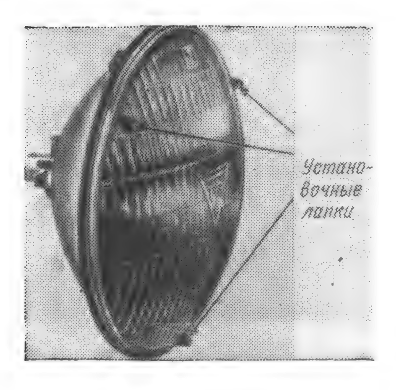


Рис. V.133. Фара — герметизированный оптический элемент

специальных мер, контакты быстро обгорят. Для уменьшения искры параллельно контактам прерывателя включают конденсатор. Благодаря этому удается значительно увеличить срок службы контактов прерывателя.

Транзисторная система зажигания. Описанная выше система зажигания была изобретена более пятидесяти лет тому назад Чарльзом Кеттерингом. Несмотря на то что на протяжении последовавших 50 лет она в некоторой степени была усовершенствована, в нее не было внесено коренных изменений, подобных тем, которые претерпели остальные узлы автомашины. Современную машину больше уже не может удовлетворить обычная система зажигания. Транзисторная система зажигания является одной из новейших разработок, которая, возможно, заменит обычную систему.

Для эффективного зажигания горючей смеси в машинах с мощным двигателем на больших скоростях требуется повышенное напряжение. В обычной системе замыкание и размыкание контактов в первичной цепи происходит то быстрее, то медленнее в зависимости от числа оборотов двигателя. Если обороты, развиваемые двигателем, велики, электроды замыкаются и размыкаются очень быстро, ввиду чего напряжение в первичной обмотке катушки не успевает достигнуть требуемой величины. Таким образом, при больших оборотах двигателя напряжение на его запальных свечах падает, в результате чего эффективность двигателя уменьшается.

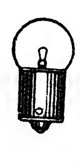
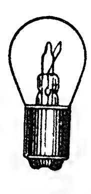
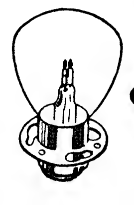





Рис. V.134. Различные типы ламп, используемых в фарах автомашины.

Для того чтобы в этом случае получить более высокое напряжение, необходимо использовать большой ток для образования в катушке более сильного магнитного поля. Однако контакты могут выдержать лишь ограниченный ток — в этом и состоит основной недостаток современной системы зажигания. Другими недостатками обычной системы зажигания являются малый срок службы контактов прерывателя и конденсатора, а также необходимость периодического осмотра и ремонта этой системы для того, чтобы она постоянно находилась в рабочем состоянии.

Этих недостатков лишена транзисторная система зажигания (рис. V.132). Она служит значительно более надежно, чем старые системы. Транзистор способен выдерживать очень большой ток. В его задачу входит включение и выключение первичной цепи, так что в этом случае через контакты прерывателя проходит лишь весьма незначительный ток. Поскольку в этой системе через контакты проходит незначительная часть полного тока, искра между ними не возникает и нет необходимости применять конденсатор. В транзисторной системе приходится использовать специальную катушку с большим коэффициентом трансформации, рассчитанную на большой ток.

Осветительная система автомашины. Для обеспечения безопасности движения необходимо, чтобы на автомашине были установлены сильные фары и световые сигнальные устройства. Фары автомашины должны обеспечить достаточный световой поток, чтобы ночью при свете фар были хорошо различимы предметы, находящиеся в километре от машины. Кроме того у машины должны также быть задние фонари и стоп-сигналы. Фара представляет собой герметизированный оптический элемент (рис. V.133). Благодаря герметизации исключается попадание в фару грязи и влаги, а также предотвращается коррозия. Таким образом, излучаемый световой поток мало меняется в течение всего срока службы такого элемента. Герметизированный элемент содержит лампу с двумя спиралями, стеклянную линзу и отражатель.

В фарах используются лампы накаливания, работающие от низкого напряжения, которое вырабатывается батареей или генератором. У лампы две спирали. Одна спираль дает так называемый дальний свет, используемый при вождении машины за чертой города. Другая

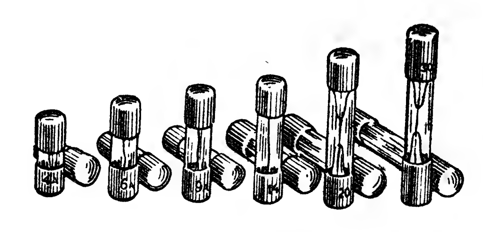


Рис. V.135. Предохранители, используемые в электрической системе некоторых автомашин.

спираль дает ближний свет, направленный книзу. Переключатель, называемый переключателем дальнего и ближнего света, установлен на полу машины слева от водителя. Когда включается дальний свет, на щитке управления загорается красная сигнальная лампочка. У некоторых автомашин переключение света с ближнего на дальний производится автоматически с помощью фотоэлектрического элемента. Работой фотоэлектрического элемента управляет падающий на него свет фар встречной автомашины.

Защита электрических схем автомашины. Для защиты осветительных электрических цепей и цепей других вспомогательных устройств автомашины используются предохранители и автоматические выключатели (рис. V.135 и V.136). Назначение этих защитных уст-

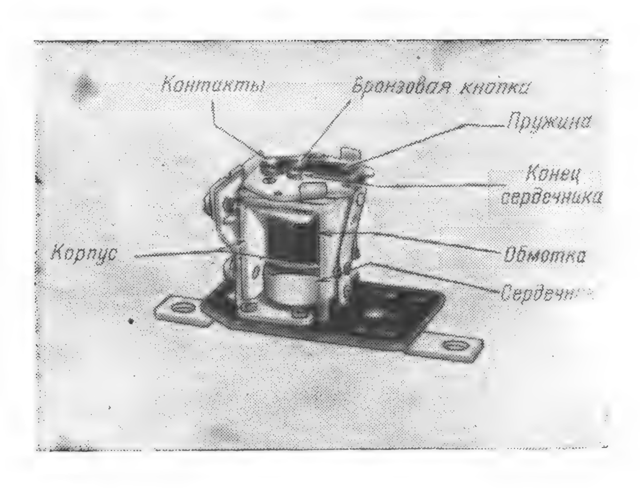


Рис. V.136. Автоматический выключатель, используемый в электрической системе автомашины. Если через катушку протекает слишком большой ток, втяжной сердечник электромагнита выталкивает якорь вверх и размыкает контакты.

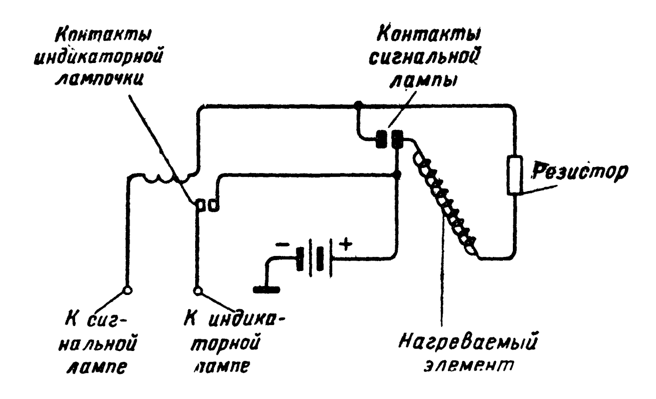


Рис. V.137. Основная схема включения мигающих световых сигналов. Эти сигналы указывают направление поворота, который намерен сделать водитель. Когда выключатель мигающих световых сигналов включен, ток проходит через «нагреваемый проволочный элемент» и резистор. Ввиду наличия резистора, включенного в цепь мигающего сигнала, лампа не светится. Ток протекает через «нагреваемый проволочный элемент», и он расширяется. При этом контакты в цепи мигающего светового сигнала замыкаются и световой сигнал зажигается, так как сопротивление оказывается замкнутым накоротко. При этом ток, протекающий через катушку электромагнита, изображенную на схеме рядом с контактами цепи индикаторной лампочки, оказывается достаточным, чтобы эти контакты замкнулись и лампочка на щитке управления загорелась. Как только ток через «нагреваемый проволочный элемент» прекращается, он охлаждается и сжимается, а в результате этого размыкаются контакты в цепи мигающего сигнала. Лампочка выключается, но как только «нагреваемый элемент» снова нагревается, контакты замыкаются и лампа сигнала снова зажигается. Этот нагрев и последующее охлаждение «нагреваемого проволочного элемента» позволяют получить мигающий световой сигнал.

ройств состоит в том,чтобы предохранить провода от повреждений в результате коротких замыканий. Если предохранитель перегорит или контакты автоматического выключателя разомкнутся, важно. установить место повреждения до повторного включения выключателя.

Световая сигнализация поворота. Световая сигнализация, показывающая намерение водителя повернуть машину направо или налево, является очень удобным индикатором. Лампы, используемые для такой сигнализации, устанавливаются на машине спереди и сзади и мигают с частотой почти 90 раз в минуту. Когда выключатель, установленный на рулевой колонке, включен, на

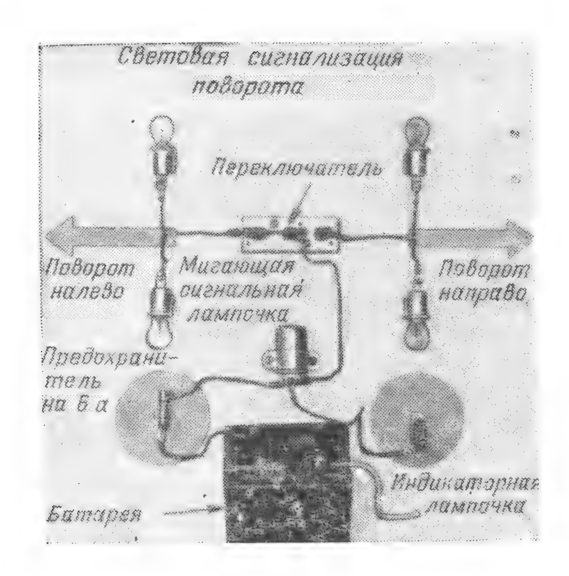


Рис. V.138. Схема указателя поворота. На схеме показана только одна индикаторная лампочка. В системе с двумя индикаторными лампочками переключения выполняются более сложно.

щитке управления также начинает мигать сигнальная лампочка. Эта сигнальная лампочка подсвечивает маленькую стрелку, указывающую то же направление поворота, что и внешние мигающие световые сигналы (рис. V.137 и V. 138).

ИНТЕРЕСНЫЕ САМОДЕЛКИ

Пробник для проверки системы зажигания и запальной свечи

Необходимые детали и материалы:

Фибровая трубка с внешним диаметром 13 *мм*, толщиной стенок 1,5 *мм* и длиной 180 *мм*	1
Деревянные пробки ∅ 10 *мм* длиной 13 *мм*	2
Резистор (сопротивление) 4,7 *Мом*, 0,5 *вт*	1
Неоновая лампочка типа МН-3	1
Батарейный зажим	1
Тросик	1 *м*
Гвоздь	1

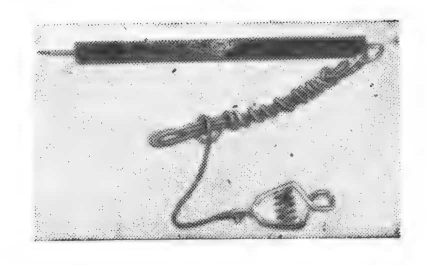


Рис. V.139. Испытательный прибор для проверки системы зажигания и запальной свечи.

Этот испытательный прибор дает возможность обнаружить неисправности в системе зажигания автомашины. Если закрепить зажим на какой-либо металлической детали автомобильной рамы или двигателя, а острым концом иглы пробника коснуться верхней части запальной свечи, то в случае исправности свечи и распределителя неоновая лампочка ярко загорится. Если неоновая лампочка горит тускло или вообще не загорается, то это значит, что неисправна либо свеча, либо распределитель. Если неисправен распределитель, неоновая лампочка будет тускло гореть при касании иглой пробника любой свечи. Если лампочка не загорается при касании иглой пробника только одной или двух запальных свечей, то, скорее всего, неисправны именно эти свечи.

Посередине фибровой трубки круглым напильником проделайте отверстие такого диаметра, чтобы через него была видна неоновая лампочка. В одной из деревянных пробок, вставляемых с концов трубки, просверлите отверстие несколько меньшего диаметра, чем гвоздь, который служит зондом пробника, и с усилием вставьте в это отверстие гвоздь. Припаяйте один из выводов сопротивления к шляпке гвоздя. Другой вывод сопротивления соедините с выводом неоновой лампочки, они долж-

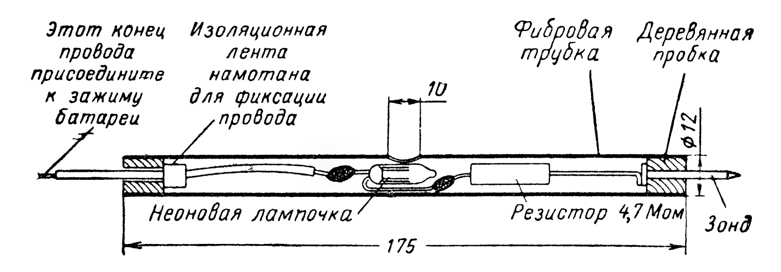


Рис. V.140. Устройство испытательного прибора для проверки системы зажигания и запальной свечи.

ны быть соединены и расположены таким образом, чтобы лампочка находилась как раз против центрального отверстия в трубке, как это показано на рисунке.

Соедините второй вывод неоновой лампочки с тросиком. Вблизи того места тросика, где он входит в деревянную пробку, намотайте на него изоляционную ленту, которая будет выполнять роль фиксатора. Вставьте спаянные между собой сопротивление и неоновую лампочку в трубку и универсальным клеем приклейте по месту деревянную пробку, предварительно вставив в нее гвоздь-зонд. Просверлите в центре второй деревянной пробки сквозное отверстие диаметром 3 *мм*. Пропустите через это отверстие тросик и вставьте вторую пробку в другой конец фибровой трубки, предварительно смазав ее стенки универсальным клеем. Подсоедините к концу тросика зажим от аккумуляторной батареи. На этом заканчивается изготовление пробника.

Контрольные вопросы

1. Назовите несколько примеров использования электроэнергии в автомашине.
2. Сколько аккумуляторных элементов используется в 12-вольтовой батарее?
3. Какую роль играет шасси автомашины в ее электрической системе?
4. Почему при запуске двигателя машины необходимо, чтобы его аккумуляторная батарея была совершенно исправна?
5. Каково назначение генератора автомашины?
6. Для чего необходим регулятор напряжения?
7. В чем назначение катушки зажигания?
8. Для чего предназначены запальные свечи?
9. Как используется распределитель в системе зажигания автомашины?
10. Почему в фарах применяются герметизированные оптические элементы?
11. Какими средствами осуществляется защита электрических схем автомашины?

ГЛАВА VI

ПРИМЕНЕНИЕ ЭЛЕКТРОНИКИ ДЛЯ СВЯЗИ

24. ТЕЛЕФОН

Современный телефонный аппарат — это один из наиболее часто используемых электрических приборов. Он преобразует звуковые сигналы в сигналы электрического тока. Последние могут быть посланы на большие расстояния и затем вновь преобразованы в звуковые сигналы. Телефон был изобретен Александром Беллом, пославшим первое телефонное сообщение 10 марта 1876 г.

Звуковые волны. При разговоре или, например, при колебаниях струны в воздухе распространяются звуковые волны (рис. VI.1). Эти колебания действуют на ухо человека, и мы слышим звук. Каждый звук имеет определенное число колебаний в секунду. Число колебаний в секунду называется частотой и измеряется в герцах (*гц*). Частоты колебаний, которые может слышать ухо человека, лежат в пределах от 20 до 20 000 *гц*. Так как эти частоты мы слышим, их называют звуковыми. Частота 15 000 *гц* — это колебания очень высокого тона, которые слышит далеко не всякий человек. Звуковую волну изображают так, как показано на рис. VI.2.

Передатчик телефонных сигналов. Та часть телефонной трубки, в которую мы говорим, является передатчиком телефонного сигнала и называется микрофоном. Простой микрофон состоит из тонкой круглой и гибкой диафрагмы, связанной с небольшой чашечкой, в которой содержится угольный порошок (рис. VI.3). Угольный порошок делают из обожженного угля. Частицы угольного порошка (гранулы) могут двигаться в чашечке взад и вперед под давлением круглого диска, связанного с диафрагмой небольшим стерженьком. Когда звуковые волны падают на диафрагму, в ней возникают звуковые колебания. Колебания диафрагмы заставляют диск перемещаться в чашечке с угольным порошком. При движе-

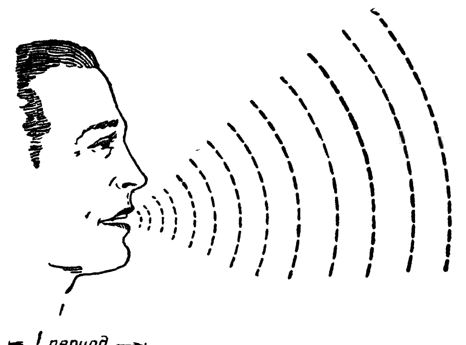


Рис. VI.1. При разговоре в воздухе возникают колебания. Их называют звуковыми.

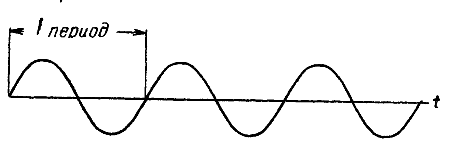


Рис. VI.2. Графическое изображение звуковой волны.



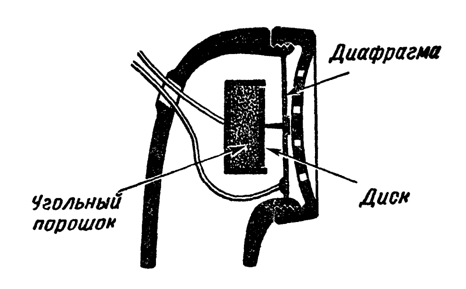


Рис. VI.3. Конструкция микрофона телефонной трубки. Сверху — его условное обозначение в схемах.

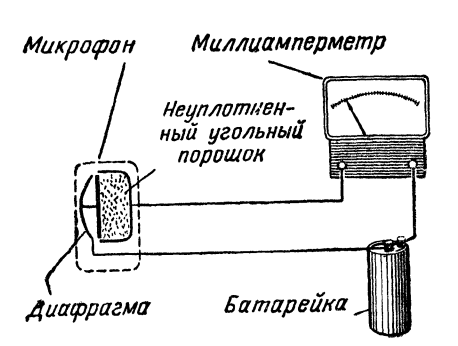


Рис. VI.4. Частицы угля в микрофоне расположены неплотно и создают сопротивление электрическому току. Миллиамперметр показывает, что по цепи идет некоторый ток.

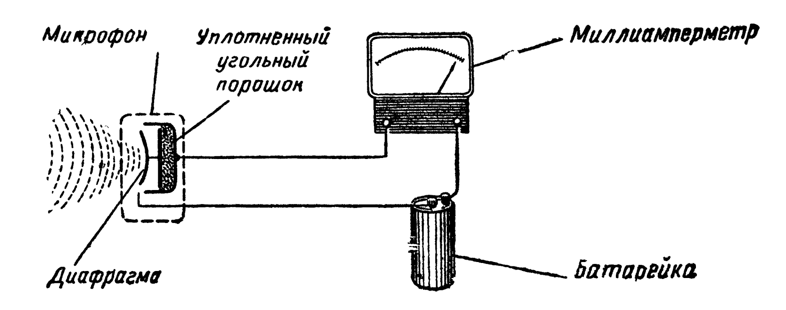


Рис. VI.5. Когда звуковая волна заставляет диафрагму прогибаться и уплотнять угольные частицы, сопротивление микрофона в цепи уменьшается. Ток, показываемый миллиамперметром, увеличивается.

нии диафрагмы изменяется плотность угольного порошка в микрофоне.

Если включить микрофон в цепь с батареей (рис. VI.4), то через угольный порошок пойдет ток. Угольный порошок действует подобно сопротивлению, подключенному к батарее. Когда диафрагма движется к чашечке (рис. VI.5), угольный порошок становится более плотным, и по цепи течет большой ток. Ток увеличивается потому, что при более плотном расположении частиц порошка сопротивление цепи уменьшается. Мы уже знаем, что увеличение сопротивления уменьшает электрический ток в цепи, а уменьшение сопротивления увеличивает его. Когда диафрагма движется в обратном направлении, нлотность угольного порошка уменьшается

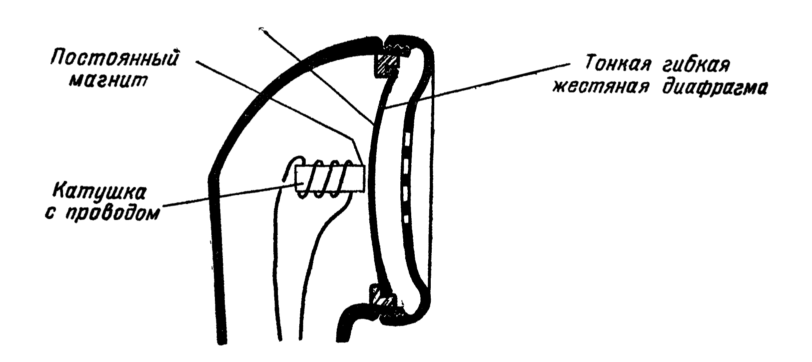


Рис. VI.6. Конструкция телефона.

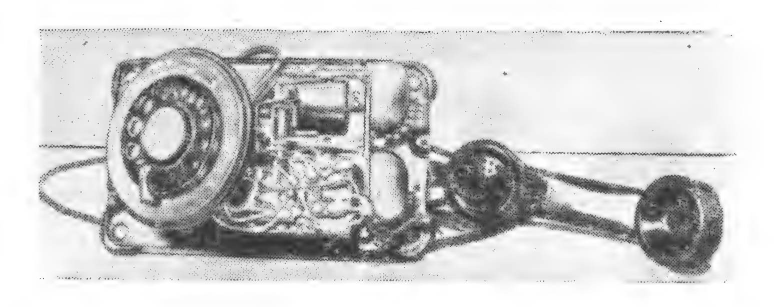


Рис. VI.7. Современный телефонный аппарат с номеронабирателем в разобранном виде.

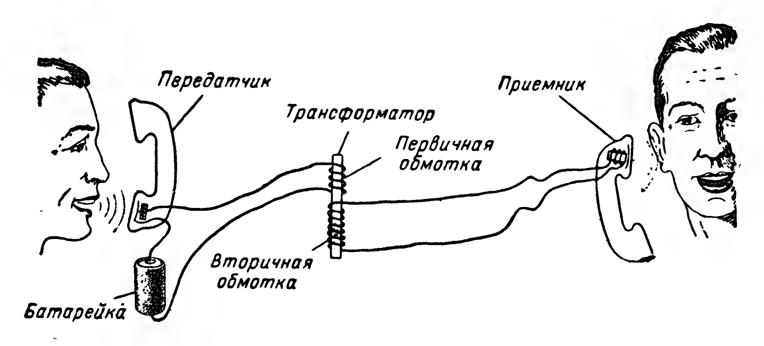


Рис. VI.8. Простая телефонная линия с повышающим трансформатором для связи микрофона с телефоном

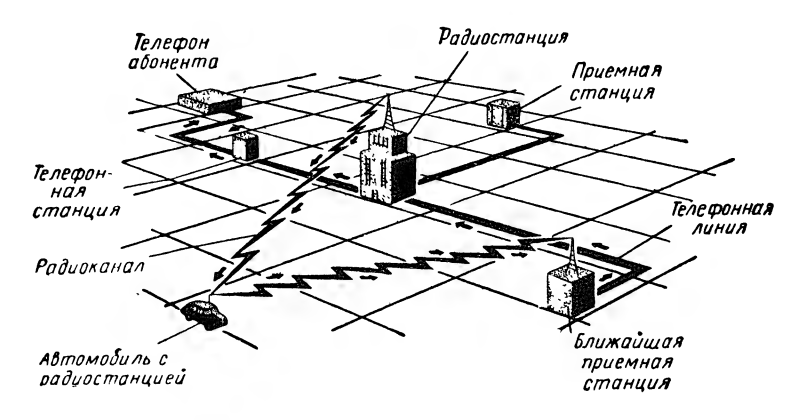


Рис. VI.9. Специальная радиотелефонная служба в городах дает возможность разговаривать по телефону из автомобиля.

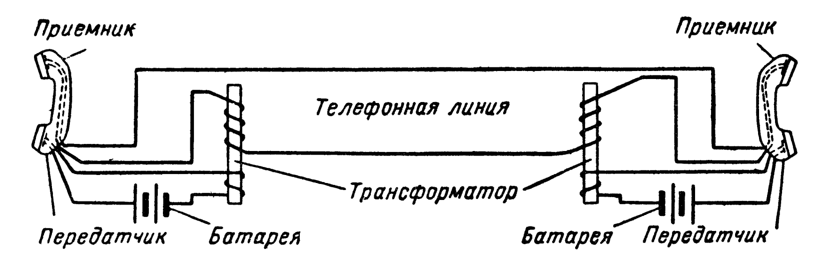


Рис. VI.10. Схема телефонной линии для двусторонней связи.

и уменьшается ток через микрофон, так как возрастает сопротивление цепи.

Ток через микрофон будет изменяться в соответствии со звуковыми колебаниями воздуха, воздействующими на диафрагму. Таким образом, микрофон создает электрический ток, изменяющийся в соответствии со звуковыми волнами.

Приемник телефонных сигналов. Та часть телефонной трубки, которую мы держим около уха, называется телефоном. Телефон преобразует электрический ток, создаваемый микрофоном, в звуковые сигналы. Простой телефон состоит из постоянного магнита с катушкой провода, надетой на него, и из тонкой гибкой жестяной диафрагмы, укрепленной перед магнитом и катушкой (рис. VI.6). Постоянный магнит притягивает жестяную диафрагму, и она немного прогибается. Когда по катушке проходит ток, катушка становится электромагнитом. На диафрагму оказывают воздействие два магнита: постоянный магнит и электромагнит. Если ток через катушку изменяется, то притяжение диафрагмы либо увеличивается, либо уменьшается. Ток, протекающий через электромагнит, заставляет диафрагму колебаться. Эти колебания диафрагмы передаются частицам воздуха перед ней. Движение воздуха перед диафрагмой и есть тот звук, который мы слышим ухом.

Простая телефонная линия. Чтобы соединить микрофон с телефоном, обычно используют повышающий трансформатор. Этот трансформатор значительно повышает небольшое напряжение, создаваемое микрофоном, и подает его на телефон (рис. VI.8). Первичная обмотка трансформатора соединена с микрофоном, а вторичная — с телефоном. Меняющийся по величине постоянный ток, создаваемый в микрофоне, возбуждает во вто-

ричной обмотке трансформатора переменный ток. Напряжение вторичной обмотки трансформатора создает ток через телефон. В результате диафрагма приводится в движение.

Двусторонняя телефонная связь. Для двусторонней телефонной связи на каждом конце линии необходимо иметь телефон и микрофон (рис. VI.10). Кроме того, в каждом телефонном аппарате должен быть повышающий трансформатор. Провода, соединяющие между собой телефонные аппараты, могут иметь значительную длину. Когда расстояние между телефонными аппаратами составляет несколько километров, сопротивление проводных линий может настолько уменьшить ток в цепи, что диафрагма телефона будет еле двигаться и звук получится очень слабым. Чтобы увеличить ток в такой телефонной цепи, применяют усилитель. Если расстояние между телефонными аппаратами составляет много километров, то вдоль трассы используют несколько усилителей.

ИНТЕРЕСНЫЕ САМОДЕЛКИ

Изготовление угольного микрофона

Необходимые материалы:

Деревянная дощечка 13×50×75 *мм*	1
Кусок листовой стали или латуни 13×230 *мм* толщиной 0,5 *мм*	1
Металлическая крышка от бутылки ⌀ 32 *мм*	1
Войлочное кольцо, наружный диаметр которого должен соответствовать внутреннему диаметру крышки . . .	1
Круглая пластина из листовой латуни, ее диаметр на 3 *мм* меньше внутреннего диаметра крышки	1
Кружок из тонкого картона ⌀ 80 *мм*	1
Крепежные винты латунные М5 длиной 19 *мм*	2
Шестигранные латунные гайки М5	5
Крепежный латунный винт М4 длиной 19 *мм*	1
Шестигранные латунные гайки М4	2
Крепежный стальной винт М5 длиной 13 *мм*	1
Угольный стержень (из старой батарейки)	1

Просверлите полоску металла в соответствии с рис. VI.12 и согните из нее кольцо диаметром 75 *мм*. Спаяйте концы внахлест. Просверлите в центре латунного диска и кружке картона отверстие диаметром 3 *мм*

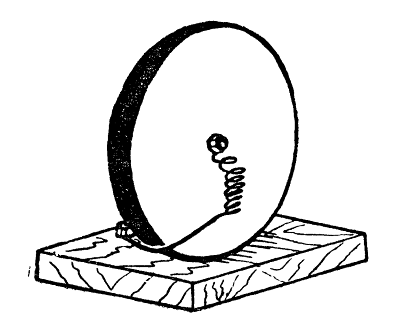


Рис. VI.11. Угольный микрофон.

Металлическое кольцо
Картонный диск
Войлочное кольцо
Металлическая крышка от бутылки
Латунный диск
Частицы угля
Зажим
Деревянная подставка
Вид в разрезе
Припаять
Соединить с винтом. В картонном диске
Вид сзади
230
6
6
ϕ 4
ϕ4
13
Полоска стали или латуни
Первичная обмотка
Вторичная обмотка
Микрофон
Батарейка
Телефон (наушники)
ϕ3
Латунный диск
ϕ22
Войлочное кольцо

Рис. VI.12. Устройство угольного микрофона.

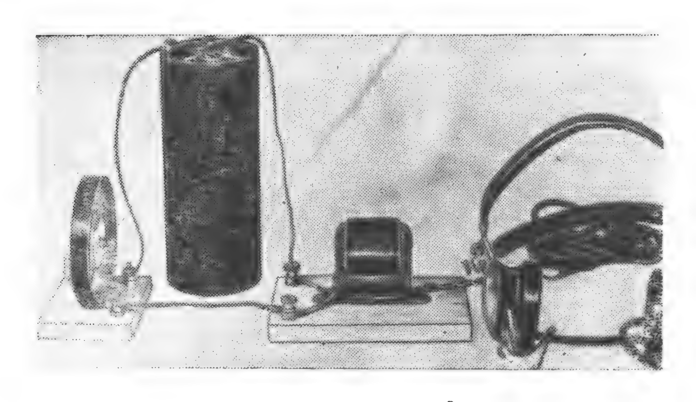


Рис. VI.13. Микрофон включен в схему с повышающим трансформатором и парой наушников.

Привинтите латунный диск к картонному с помощью винта и гайки М4. Приклейте войлочное кольцо к латунному диску так, чтобы головка латунного винта находилась точно в центре кольца.

Измельчите угольный стержень на кусочки диаметром около 1, 5 *мм*. Для получения лучших результатов частицы угля следует просеять. Заполните чашечку на 3/4 частицами угля. Приклейте картонный кружок к крышке бутылки (чашечке), убедившись, что войлочное кольцо плотно вошло внутрь крышки. Приклейте картонный кружок вместе с чашечкой к металлическому кольцу. После высыхания подравняйте картонный кружок по металлическому кольцу.

В центре деревянной подставки просверлите отверстие диаметром 5 *мм* и привинтите металлическое кольцо к деревянной подставке винтом М5. Просверлите в деревянном основании еще два отверстия диаметром 5 *мм* и закрепите в них винты, которые будут служить зажимами. Припаяйте кусок провода диаметром 0,25 *мм* для намотки электромагнитов к задней стенке чашечки и соедините второй конец этого провода с одним из зажимов. Вторым куском провода диаметром 0,25 *мм* соедините между собой второй зажим и винт в центре картонного кружка. На этом изготовление микрофона заканчивается.

Микрофон соединяется последовательно с двумя сухими батарейками и парой наушников. Значительно лучше схема, показанная на рис. VI.13, в которой исполь-

зуется трансформатор, описанный в § 17. Повышающий трансформатор в этой схеме значительно увеличивает переменное напряжение, создаваемое микрофоном, благодаря чему громкость звучания также значительно увеличивается. Имея два микрофона и две пары наушников, можно собрать телефонную линию для двусторонней связи.

Контрольные вопросы

1. Кто изобрел телефон?
2. Как передается звук?
3. Что такое звуковые частоты?
4. Назовите основные детали микрофона.
5. Объясните, каким образом частицы угля в микрофоне создают переменный электрический ток.
6. Назовите основные части современного телефона.
7. Объясните, как диафрагма в телефоне создает звуковые колебания.
8. Нарисуйте простую телефонную линию с микрофоном и телефоном.
9. Зачем применяют трансформатор?
10. Какое устройство используют для усиления сигнала при большом расстоянии между телефонными аппаратами?

25. ПРИЕМ РАДИОВОЛН

Радиочастоты. Радиоприемник есть почти в каждом доме. Радиоприемники используются и для обеспечения радиосвязи между кораблями, находящимися в море, для управления полетом самолетов и для многих других целей. Радиосигналы посылаются во всех направлениях многочисленными радиостанциями. Эти сигналы передаются электромагнитными волнами, иначе называемыми радиоволнами*.

Радиоволны создаются переменным током, направление которого меняется с очень большой частотой. Мы уже знаем, что звуковые частоты занимают диапазон от 20 до 20 000 *гц*. Радиоволны возбуждаются переменным током, частота которого больше 20 000 *гц*. В мире используется множество радиоволн; частота некоторых из них достигает 300 миллионов герц и даже больше. Радиовещательные станции средневолнового диапазона,

* Первый в мире радиоприемник был создан великим русским ученым А. С. Поповым — изобретателем радио — в 1895 г. (*Прим. ред.*).

сигналы которых принимает обычный радиоприемник, работают на частотах от 100 000 *гц* до 1 500 000 *гц*.

Радиочастоты обычно обозначают числом килогерц. Приставка кило означает «тысяча». Если про радиовещательную станцию говорят, что она работает на частоте 600 килогерц (600 *кгц*) это значит, что частота ее сигнала равна 600 000 периодов в секунду.

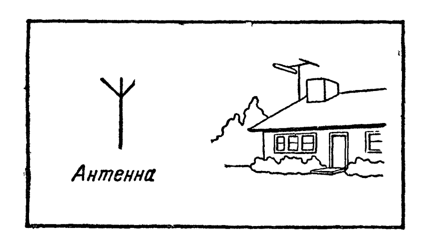
Излучение радиоволн. Когда очень быстро меняющиеся токи, называемые радиочастотами, проходят по проводу, то вокруг него создаются электромагнитные волны, распространяющиеся в пространстве во всех направлениях.

На радиовещательной станции для создания радиоволн используется мощный передатчик, соединенный с мачтой, называемой антенной. Радиоволны от антенны уходят в окружающее пространство (рис. VI.15).

Некоторые волны распространяются вдоль поверхности Земли и называются поверхностными волнами. Эти волны распространяются не очень далеко и скоро ослабевают настолько, что их уже нельзя принять приемником. Другие радиоволны распространяются в пространстве и называются пространственными.

Одни пространственные волны могут уйти в космос, а другие прост-

Рис. VI.14. Антенные башни радиовещательной станции мощностью 50 *квт*.



Условное обозначение антенны.

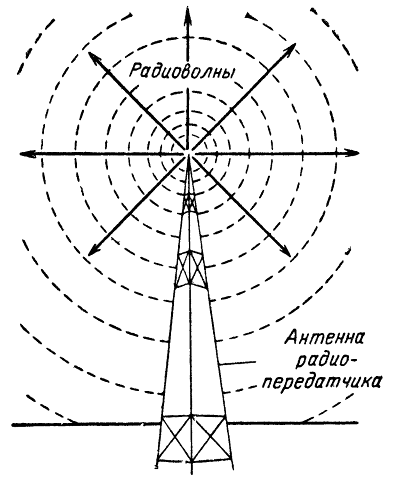


Рис. VI.15. Передающая антенна посылает радиоволны во всех направлениях.

ранственные волны, подобно световым лучам, могут отражаться от слоя заряженных частиц, называемого ионизированным слоем. Этот ионизированный слой действует как зеркало, отражающее радиоволны обратно к земле (рис. VI.16). Именно благодаря отражениям от этого слоя радиоволны можно принимать на расстоянии многих тысяч километров от передатчика. Высота расположения ионизированного слоя атмосферы над Землей может меняться в пределах от 60 до 500 *км*.

Радиоволны распространяются со скоростью света, равной 300 000 *км/сек*. При такой скорости распространения сигналы принимаются почти сразу после их излучения передатчиком.

Наложение звуковых сигналов на радиоволны. Если мы настроили приемник на частоту радиовещательной станции, мы слышим голос диктора или звуки музыки. Однако звуковые сигналы нельзя слышать непосредственно на большом расстоянии. Для передачи звуковых сигналов на большие расстояния используются радиоволны.

Звуки голоса диктора или музыки воспринимаются в радиостудии микрофоном, который аналогичен микрофону в телефонной трубке. Голос диктора или музыка представляют собой совокупность звуковых частот, которые мы слышим, когда включаем радиоприемник.

Микрофон преобразует звуковые колебания в переменные электрические токи — звуковые сигналы. Для усиления звуковых частот используется усилитель. Усиленные звуковые частоты в передатчике воздействуют на колебания высокой частоты (радиочастоты). Радиоволна, создаваемая на передающей станции, называется несущей. На рис. VI.17 показано, как звуковые сигналы

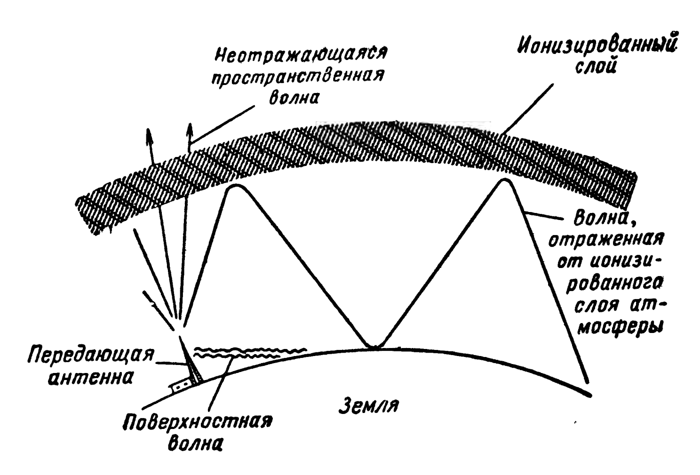


Рис. VI.16. Радиоволны расходятся от передатчика во всех направлениях. Поверхностные волны распространяются вдоль поверхности Земли. Часть их уходит от Земли и теряется в космическом пространстве. Другая часть отражается от ионизированных слоев атмосферы обратно к Земле. Радиоволны (короткие) могут несколько раз отражаться от поверхности Земли и ионизированных слоев и распространяться на большие расстояния.

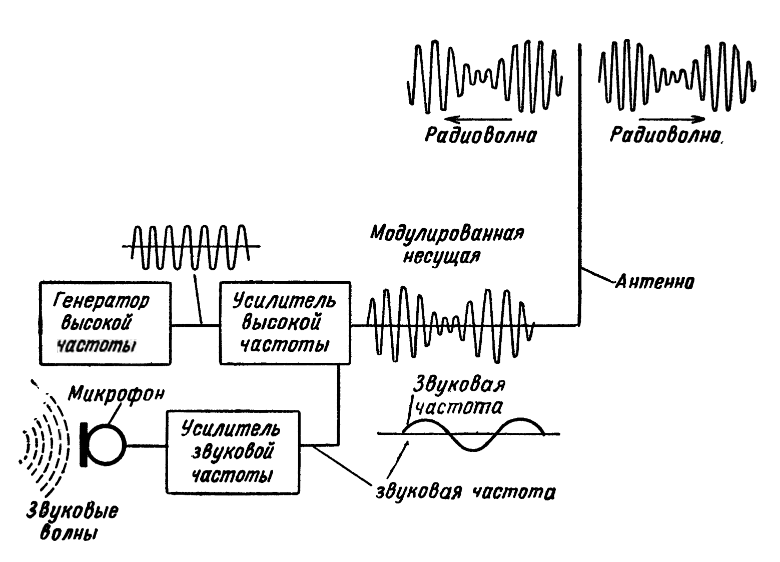


Рис. VI.17. Из этой блок-схемы видно, как происходит наложение звуковых частот на высокочастотную несущую волну.

воздействуют на радиоволну. Такую радиоволну (частоту) называют модулированной. Радиоприемник настраивается на ту или иную радиоволну (частоту), выделяет из нее звуковой сигнал и усиливает его, чтобы можно было слушать передачу через громкоговоритель.

Амплитудная модуляция. Если при модуляции звуковой волной радиоволны меняется ее амплитуда, то такую модуляцию называют амплитудной (рис. VI.18). Амплитудная модуляция часто сокращенно обозначается двумя буквами АМ. Именно этот тип модуляции используется на обычных радиовещательных станциях.

Частотная модуляция. Другой способ модуляции, называемый частотной модуляцией (сокращенно ЧМ), используется для передачи звуковой части телевизионного сигнала, а также на радиовещательных станциях, работающих с ЧМ модуляцией.

При частотной модуляции звуковая частота изменяет частоту несущей. Если несущая волна промодулирована таким способом, то ее частота увеличивается в течение одного полупериода модулирующего сигнала и уменьшается в течение второго полупериода (рис. VI.19). Амплитуда несущей при такой модуляции остается неизменной.

Прием радиоволн. Чтобы принимать радиоволны, нужно иметь радиоприемник, который можно настраивать на сигналы определенных радиостанций. Радиоприемники используются либо с наружными проволочными антеннами, либо с ферромагнитной антенной, расположенной в ящике приемника. Когда приемник находится на большом удалении от передатчика, для улучшения приема используют наружную антенну.

Радиоволны, попадая на антенну приемника, возбуждают в ней очень слабые токи. Поскольку радиосигналы излучаются очень большим числом радиостанций, в приемной антенне проходят различные радиочастотные токи.

Для настройки на определенную выбранную станцию в приемнике имеется специальный орган настройки. Вращая ручку радиоприемника, мы настраиваем орган настройки на ту станцию, программу которой мы хотим слушать.

Заземление. Орган настройки радиоприемника одним выводом соединяется с антенной. Второй его вывод под-

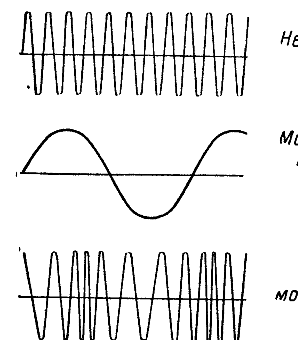


Рис. VI.18. Графическое представление процесса амплитудной модуляции В результате наложения звуковой волны, идущей от микрофона, на несущую получается модулированная несущая волна.

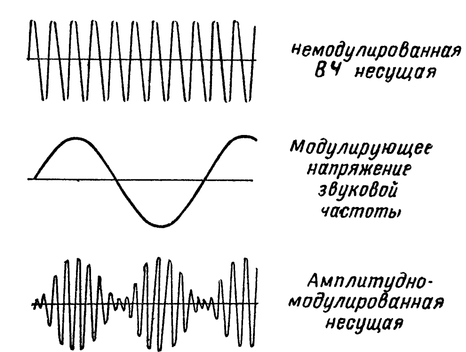


Рис. VI.19. Графическое представление частотной модуляции. Когда на несущую действует модулирующий сигнал звуковой частоты, частота несущей увеличивается или уменьшается в соответствии с величиной и полярностью напряжения звуковой волны.

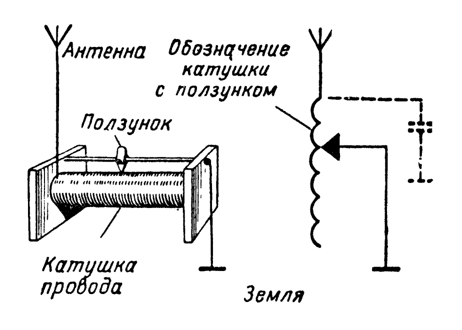


Рис. VI.20. Катушку с ползунком можно использовать для настройки радиоприемника.

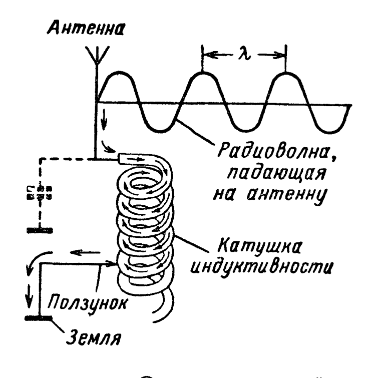


Рис. VI. 21. Радиоволны попадают на антенну, в ее цепи проходит переменный ток высокой частоты. Буквой λ обычно обозначают длину волны.

соединяется к земле. Заземлением может служить проволока, подсоединенная к водопроводной трубе или же к металлическому каркасу самого приемника.

Настройка с помощью катушки. Орган настройки предназначен для выбора радиостанции, излучающей радиоволны на определенных частотах. Орган настройки должен выделять эти частоты и не допускать прослушивания на выходе приемника сигналов, передаваемых на других частотах.

Одним из простейших вариантов органа настройки является проволочная катушка с ползунком, который может находиться в контакте с любым витком катушки (рис. VI.20). Один конец катушки соединен с антенной, ползунок соединен с землей. Перемещая ползунок, можно менять длину провода катушки, включенного между антенной и землей. Радиоволны, принятые антенной, создают ток, проходящий по антенне через катушку и далее на землю. Ток, возбуждаемый радиоволнами, проходит поочередно то в одном, то в другом направлении т. е. является переменным (рис. VI.21 и VI.22).

Между витками катушки, а также между антенной и землей имеется некоторая электрическая емкость. Она периодически заряжается и разряжается в такт с колебаниями тока в антенне и катушке. Другими словами, катушка вместе с антенной и заземлением, а также

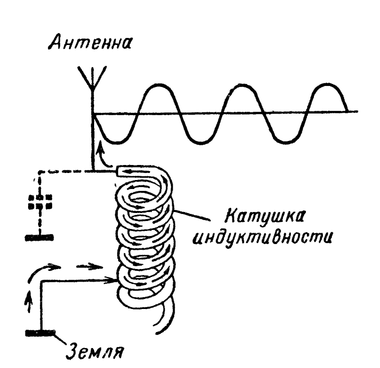


Рис. VI.22. В данный момент ток, возбуждаемый радиоволнами, имеет направление, противоположное указанному на рис. VI.21.

с междувитковой емкостью образуют так называемый колебательный контур. Каждый колебательный контур подобно струне или маятнику имеет собственную частоту колебаний, зависящую от величины индуктивности и емкости, включенных в контур.

Если маятник подталкивать в такт с его собственной частотой колебаний, то он будет раскачиваться сильнее, чем когда толчки не попадают точно в такт с собственными колебаниями маятника.

Когда колебания, возбуждаемые приходящей волной в контуре, совпадают по частоте с частотой его собственных колебаний, то говорят, что имеет место резонанс. При резонансе в контуре возникают наиболее сильные колебания, т. е. в нем проходит наибольший ток.

Когда ползунок установлен так, что между антенной и землей включено всего несколько витков провода, то контур оказывается настроенным на сравнительно короткую радиоволну. Колебания более длинных или более коротких волн не смогут возбудить колебания в контуре. Таким образом, нежелательные радиосигналы не будут восприниматься органом настройки.
Большее число витков, включенных между антенной и землей, соответствует настройке на сравнительно длинную радиоволну (рис. VI.23 и VI.24).

Настройка конденсатором. Другой способ настройки радиоприемника заключается в использовании проволочной катушки и переменной емкости, т. е. переменного конденсатора, подсоединенного к концам катушки. Переменный конденсатор состоит из двух групп металлических пластин, соединенных между собой. Одна группа пластин неподвижна и называется статором, другая группа закреплена на общей оси, вместе с которой она может поворачиваться. Эта группа пластин образует ротор конденсатора (рис. VI.25). Роторные пластины входят в зазоры между статорными, не касаясь их. Приемник можно настраивать с помощью переменного конденсатора, или путем изменения числа витков катушки (рис. VI.26, VI.27 и VI.28).

Когда ротор конденсатора полностью вдвигается в статор, конденсатор обладает наибольшей электрической емкостью. При этом контур оказывается настроенным на самую длинную волну, т. е. на низкую радиочастоту (рис. VI.27). Если пластины ротора из статора вы-

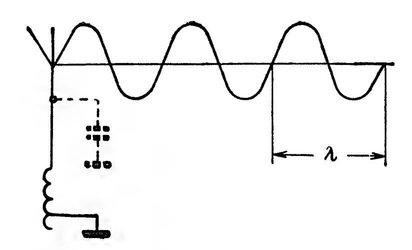


Рис. VI.23. Орган настройки радиоприемника принимает низкочастотные радиосигналы, если между антенной и землей включено много витков катушки.

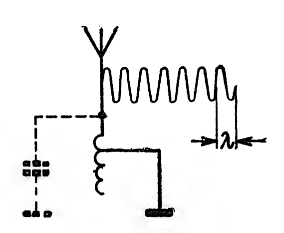


Рис. VI.24. Орган настройки радиоприемника принимает более высокочастотные сигналы, если между антенной и землей включено малое число витков катушки.

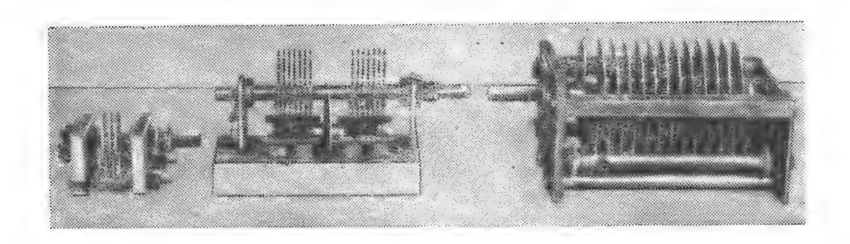
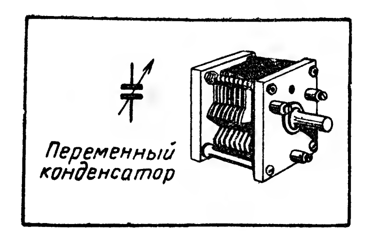
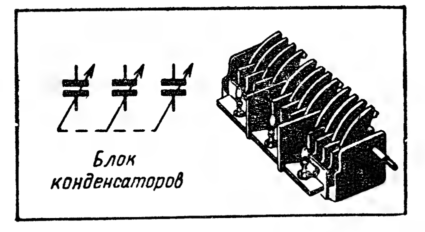


Рис. VI.25. Переменные конденсаторы трех различных конструкций.



Одна из пластин на условном обозначении переменного конденсатора представляет его подвижной элемент.



Пунктирной линией обозначено наличие механической связи между отдельными конденсаторами.

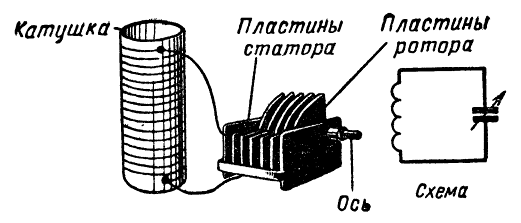


Рис. VI.26. Катушка индуктивности и конденсатор, используемые для настройки в радиоприемниках.

двинуты, то конденсатор обладает малой емкостью. Орган настройки в этом случае оказывается настроенным на более высокочастотные сигналы, т. е. на более короткие волны. Каждое положение ротора конденсатора соответствует настройке на определенную частоту (волну).

Конструкция конденсатора. Конденсатор состоит из двух или большего числа металлических пластин, расположенных на близком расстоянии друг от друга, как показано на рис. VI.29. Пластины не касаются друг друга, в зазоре между ними имеется воздух или какой-либо другой изолирующий материал, называемый диэлектриком. Если к пластинам конденсатора подсоединить батарею, как это показано на рис. VI.30, то электроны начнут двигаться к пластине *А*, связанной с отрицательным зажимом батареи. Электроны пластины *Б* отталкиваются электронами пластины *А*. Поэтому электроны с пластины *Б* двигаются к положительному зажиму батареи. Движение электронов прекратится, когда э. д. с. между пластинами станет равной э. д. с. батареи.

Если теперь отключить батарею, пластина *А* будет иметь отрицательный заряд, а пластина *Б*, лишенная части своих электронов, будет заряжена положительно. Если обе пластины соединить проводом, то электроны с пластины *А* будут двигаться на пластину *Б* до тех пор, пока число электронов на

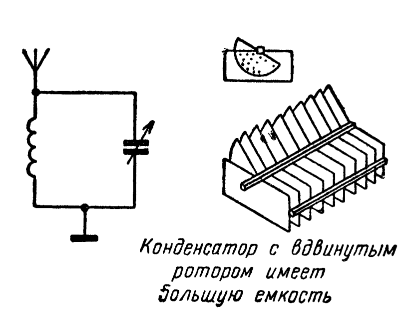


Рис. VI.27. Когда подвижные пластины конденсатора почти целиком вдвинуты в неподвижные, его емкость достигает наибольшей величины; при этом контур настроен на самую низкую частоту.

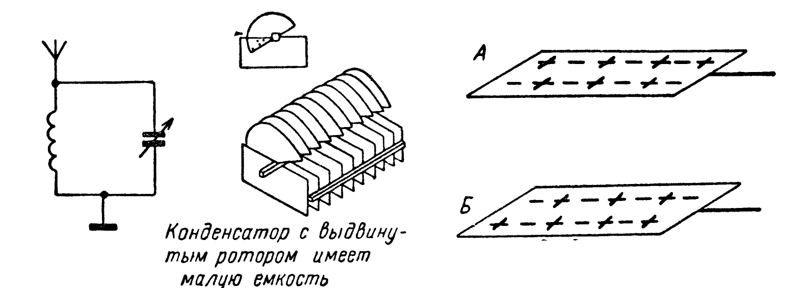


Рис. VI.28. Когда подвижные пластины конденсатора выдвинуты, его емкость имеет наименьшую величину. Такой контур настроен на сравнительно высокую частоту.

Рис. VI.29. В незаряженном конденсаторе количество положительных и отрицательных зарядов на каждой пластине одинаково. Пластины данного конденсатора разделены воздушным диэлектриком

каждой пластине не сравняется. При этом пластины станут нейтральными, т. е. конденсатор разрядится.

Определение емкости конденсатора. Способность конденсатора запасать электрический разряд зависит от: площади его пластин, диэлектрических свойств изолирующего материала и расстояния между пластинами.

Конденсаторы с бумагой в качестве диэлектрика представляют собой свернутые в рулон два листа металлической фольги, разделенных между собой слоем бумаги (рис. VI.32). Чем длиннее и шире полоски фольги, тем больше площадь пластин конденсатора. Пластины большей площади позволяют конденсатору удерживать больший электрический заряд (рис. VI 33).

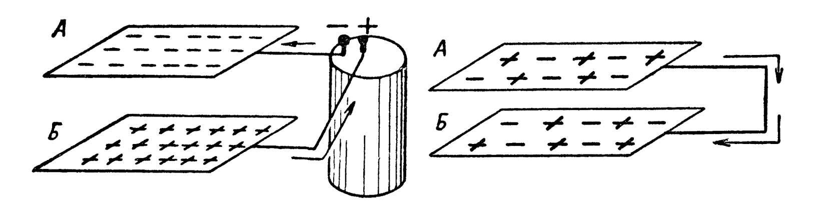


Рис. VI.30. Когда конденсатор заряжается, на пластине *А* имеется избыток электронов. Пластина *Б* положительна, так как на ней электронов недостаточно.

Рис. VI.31. Если пластины заряженного конденсатора соединить проводом, то электроны будут двигаться от пластины *А* к пластине *Б* до тех пор, пока заряды не уравновесятся.

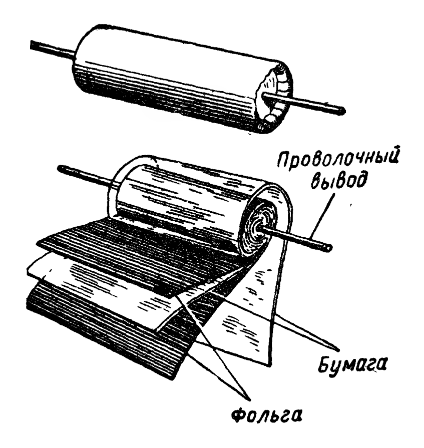


Рис. VI.32. Бумажный конденсатор изготовлен из чередующихся слоев бумаги и фольги.

Электрические свойства изолирующего материала — в данном случае бумаги — характеризуют величиной, известной под названием диэлектрической проницаемости. Диэлектрическая проницаемость воздуха принята равной единице, диэлектрические проницаемости других материалов сравниваются с проницаемостью воздуха. Так, например, бумага имеет диэлектрическую проницаемость около 3. Конденсатор с бумажным диэлектриком обладает в три раза большей емкостью, чем конденсатор, в котором диэлектриком является воздух (предполагается, что расстояния между пластинами в обоих конденсаторах одинаковы).

Чем ближе пластины друг к другу, тем большее влияние оказывает заряд одной пластины на заряд другой и тем больше емкость конденсатора (рис. VI.34).

Единица емкости. Основной единицей емкости является фарада. Однако фарада слишком большая единица, и обычно емкость конденсаторов измеряется в мик-

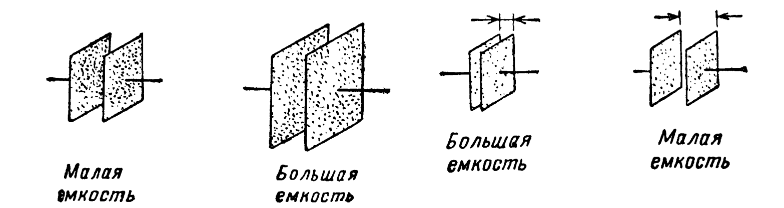


Рис. VI.33. Если увеличить площадь пластин, то емкость конденсатора увеличивается при условии, что диэлектрик и расстояние между пластинами остаются без изменения.

Рис. VI.34. Если площадь пластин и диэлектрик конденсатора остаются без изменения, то чем ближе друг к другу пластины, тем больше емкость конденсатора.

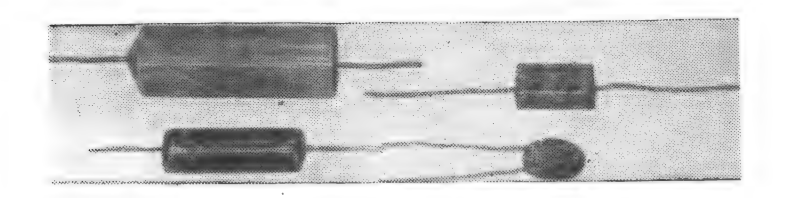


Рис. VI.35. Постоянные конденсаторы выпускаются на различные рабочие напряжения и имеют разные размеры. Два конденсатора слева имеют пластмассовые корпуса. Конденсатор справа вверху — слюдяной, справа внизу —керамический.

рофарадах и микромикрофарадах (т. е. пикофарадах). Микрофарада равна одной миллионной доле фарады и сокращенно обозначается *мкф*. Микромикрофарада составляет одну миллионную микрофарады и сокращенно обозначается *мкмкф* или *пф* (пикофарада).

Типы конденсаторов. Конденсаторы, не изменяющие свою емкость, называются постоянными. Переменный конденсатор, используемый для настройки радиовещательных приемников, может изменять свою емкость примерно от 10 *пф* до 0,00035 *мкф*. Если полную емкость такого конденсатора выразить в пикофарадах, то она составит 350 *пф*. Это значит, что, когда пластины ротора конденсатора полностью погружены в пластины статора, емкость конденсатора равна 350 *пф*. Когда же пластины ротора конденсатора находятся вне статора, емкость конденсатора должна быть небольшой.

Постоянные керамические конденсаторы с двуокисью титана в качестве диэлектрика быстро становятся одним из самых популярных видов конденсаторов благодаря малым размерам и малой зависимости емкости от изменений температуры. В качестве диэлектрика также широко используется слюда. Слюдяные конденсаторы обычно запрессовываются в пластмассовые корпуса.



Электролитические конденсаторы. Электролитические конденсаторы широко применяются в электронных схемах. Они обеспечивают очень большие емкости при малых раз-

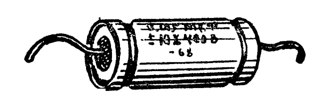


Рис. VI.36. Внешний вид круглого конденсатора.

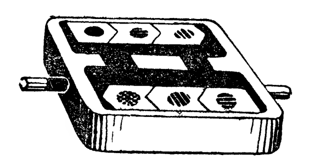


Рис. VI.37. Внешний вид плоского керамического конденсатора.

мерах. Электролитический конденсатор емкостью 500 *мкф* может быть размещен в корпусе диаметром 25 и длиной 50 *мм*. Электролитические конденсаторы выпускаются как с жидким, так и с пастообразным электролитом.

При монтаже электролитических конденсаторов в схемах очень важно соблюдать полярность включения. Если конденсатор включить так, что полярность будет противоположной, то конденсатор разрушится, а в схеме произойдет короткое замыкание.

Пробивное напряжение. Конденсаторы выпускаются для работы при напряжениях ниже некоторого определенного уровня. Превышение этого уровня выводит конденсатор из строя. Величина этого предельного напряжения, называемого рабочим напряжением, пишется на конденсаторе или обозначается цветным кодом.

Параллельное соединение конденсаторов. Чтобы увеличить емкость, несколько конденсаторов можно соединить параллельно. Такое соединение конденсаторов эквивалентно увеличению площади пластин конденсатора (рис. VI.38). Так, параллельное соединение двух конденсаторов 10 и 12 *мкф* дает емкость 22 *мкф*.

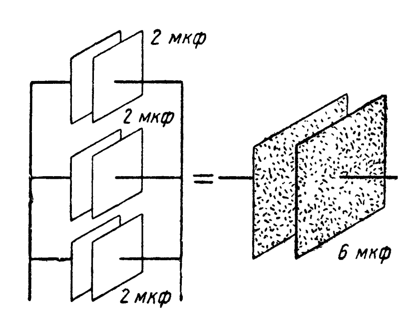


Рис. VI.38. Параллельное соединение конденсаторов эквивалентно увеличению поверхности пластин. Емкость при параллельном соединении увеличивается.

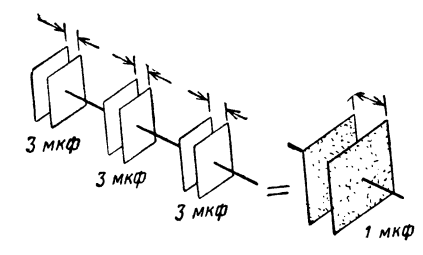


Рис. VI.39. Последовательное соединение конденсаторов дает тот же эффект, что и увеличение расстояния между пластинами. Емкость при последовательном соединении уменьшается.

Формула для параллельного соединения конденсаторов имеет вид

$$C_{\text{паралл}} = C_1 + C_2 + C_3 + \ldots \text{и т. д.}$$

Последовательне соединение конденсаторов. При последовательном соединении конденсаторов их общая емкость уменьшается. Такое соединение конденсаторов дает тот же эффект, что и увеличение расстояния между пластинами конденсатора (рис. VI.39). Формула для емкости последовательно соединенных конденсаторов:

$$\frac{1}{C_{\text{послед}}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \text{ и т. д.},$$

откуда

$$C_{\text{послед}} = \frac{1}{\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \text{ и т. д.}}.$$

Если последовательно соединить два конденсатора одинаковой емкости, то общая емкость схемы уменьшится вдвое. Следовательно, последовательное соединение двух конденсаторов по 10 *мкф* дает емкость 5 *мкф*.

Во многих случаях номинальное напряжение конденсаторов не соответствует напряжениям, действующим, например, в высоковольтных цепях. В таких случаях последовательное соединение конденсаторов позволяет

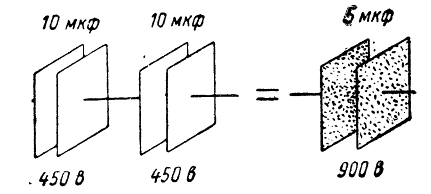


Рис. VI.40. У последовательно соединенных конденсаторов одинаковой емкости номинальное рабочее напряжение равно сумме рабочих напряжений конденсаторов.

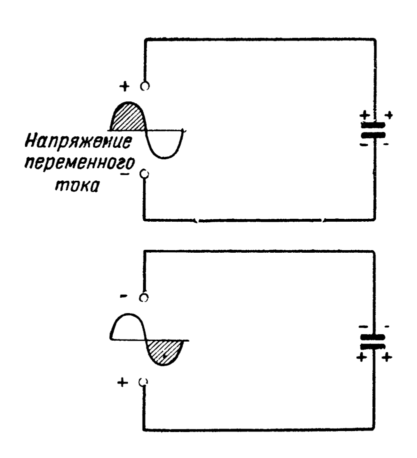


Рис. VI.41. Когда к конденсатору приложено напряжение переменного тока, он заряжается в течение первой четверти периода (верхняя схема). В следующей четверти периода ток меняет направление, так как конденсатор разряжается. В третьей и четвертой четвертях периода полярность источника изменяется на обратную и процесс повторяется (нижняя схема). Такая зарядка и разрядка конденсатора продолжается до тех пор, пока приложено напряжение переменного тока.

получить нужное номинальное напряжение. Так, например, если напряжение на выходе схемы 700 *в*, а конденсатор 10 *мкф* имеет номинальное напряжение 450 *в*, то его нельзя использовать в данной схеме. Однако последовательное соединение двух таких конденсаторов повысит номинальное напряжение до 900 *в*. Емкость последовательного соединения двух конденсаторов по 10 *мкф* составит 5 *мкф* (рис. VI.40).

Конденсатор в цепи переменного тока. Если подключить конденсатор к источнику постоянного тока, ток прекратится, как только пластины конденсатора полностью зарядятся. Диэлектрический материал является изолятором, и поэтому он препятствует прохождению тока. Если к пластинам конденсатора вместо напряжения постоянного тока подключить напряжение переменного тока, то в цепи будет существовать ток. В этом случае электроны проходят сначала в одном направлении, а затем в противоположном. На рис. VI.41 показано, что в течение одного полупериода переменного тока электроны движутся в одну сторону, а после изменения направления тока — в другую. Таким образом, в цепи конденсатора проходит переменный ток.

Емкостное реактивное сопротивление. Если в цепь переменного тока включить конденсатор, то он подобно резистору будет оказывать сопротивление току. Конденсатор создает противо-э. д. с., препятствующую протеканию тока в цепи. Малая емкость будет создавать значительно большее сопротивление току, чем большая. Сопротивление, создаваемое конденсатором току, зависит

от частоты приложенного напряжения. Чем ниже частота напряжения, тем больше сопротивление конденсатора. Отсюда следует, что величина тока в цепи с конденсатором определяется как емкостью конденсатора, так и частотой приложенного напряжения.

Реактивное сопротивление конденсатора выражают в омах. Величина емкостного реактивного сопротивления зависит от емкости конденсатора и частоты. Формула емкостного сопротивления имеет вид

$$X_C = \frac{1}{2\pi f C},$$

где X_C — емкостное реактивное сопротивление, *ом*;
f — частота, *гц*;
C — емкость, *ф*.

Индуктивность. Выше упоминалось, что, изменяя емкость в резонансном контуре, можно настраивать его на различные частоты. Другим способом настройки на нужную частоту является изменение числа витков катушки. Меняя число витков катушки, мы меняем ее индуктивность. На практике для этой цели часто используют переключатели или ползунки, через которые осуществляется контакт с витками катушки. В схемах настройки часто применяют катушки без сердечников. В катушках другого типа для изменения индуктивности служат ферритовые сердечники, которые можно перемещать вдоль оси катушки. Термином «индуктивность» характеризуют свойство цепи противодействовать изменению проходящего в ней тока. Индуктивность катушек, применяемых для настройки радиосхем, обычно измеряется в миллигенри или микрогенри. Индуктивность более крупных катушек, называемых дросселями и применяемых обычно в источниках питания, часто выражают в генри.

Индуктивность катушки определяется: диаметром катушки, ее длиной, числом витков, свойствами сердечника.

Индуктивное реактивное сопротивление. Противодействие прохождению тока через катушку называется индуктивным реактивным сопротивлением и измеряется в омах. Формула для определения индуктивного сопротивления имеет вид

$$X_L = 2\pi f L,$$

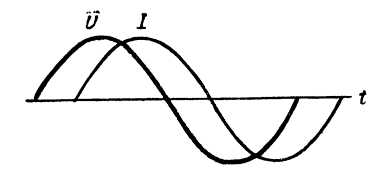


Рис. VI.42. Переменный ток отстает от напряжения в течение всего периода (в цепи с индуктивностью).

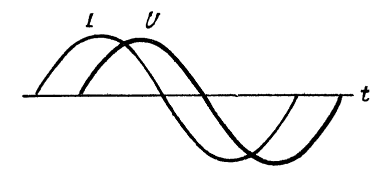


Рис. VI.43. Переменный ток опережает напряжение в течение всего периода (в цепи с емкостью).

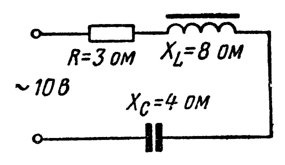


Рис. VI.44. Последовательное соединение катушки индуктивности и конденсатора. Сопротивление проводов катушки R всегда показывается как отдельное сопротивление, включенное последовательно с катушкой.

где X_L — индуктивное реактивное сопротивление, *ом*; f — частота, *гц*; L — индуктивность, *гн*.

Полное сопротивление. Полное сопротивление цепи уже упоминалось выше.

Если к источнику переменного тока подключить катушку индуктивности, то противо-э. д. с., появляющаяся в катушке, будет препятствовать мгновенному нарастанию тока до его максимальной величины. Из рис. VI.42 видно, что ток «отстает» от напряжения. Если же к источнику переменного тока подсоединить конденсатор, то будет наблюдаться противоположный эффект. В данном случае говорят, что ток «опережает» напряжение (рис. VI.43). В качестве примера рассмотрим последовательное соединение катушки и конденсатора в схеме рис. VI.44. Провод катушки имеет сопротивление 3 *ом*, а ее индуктивное сопротивление (X_L) — 8 *ом*. Емкостное сопротивление конденсатора (X_C) равно 40 *ом*. Подставив известные значения в формулу, найдем полное сопротивление цепи:

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2} = \sqrt{3^2 + 4^2} = 5 \text{ ом}.$$

Резонанс. Когда реактивные сопротивления катушки индуктивности и конденсатора равны, говорят, что имеет место резонанс с частотой источника тока, к которому присоединены катушка и конденсатор. Процесс настрой-

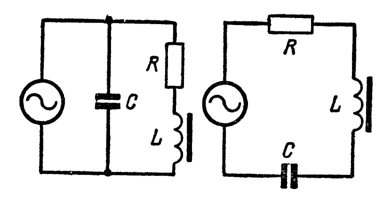


Рис. VI.45. Резонансные контуры могут быть последовательными и параллельными. Частота, на которой в них возникает резонанс, определяется величинами индуктивности катушки и емкости конденсатора. Большие индуктивности и емкости создают резонанс на низких, а малые индуктивности и емкости — на высоких частотах.

ки на волну радиовещательной станции заключается в том, чтобы путем регулировки емкости или индуктивности контура добиться равенства их реактивных сопротивлений.

Расчет резонансной частоты. Частота напряжения питания контура, при которой имеет место резонанс, зависит от величины индуктивности катушки и емкости конденсатора. Эту частоту можно подсчитать по следующей формуле:

$$F = \frac{1}{6{,}28\sqrt{LC}},$$

где F — частота, *гц*; L — индуктивность, *гн*; C — емкость, *ф*.

Резонансные схемы представляют один из наиболее интересных разделов для изучения. Такие схемы во многом отличаются от рассмотренных выше схем. Так, например, было подсчитано, что схема рис. VI.44, состоящая из индуктивности, емкости и сопротивления, имеет полное сопротивление 5 *ом*. Подставляя в формулу закона Ома $I = \frac{U}{Z}$ величину напряжения $U = 10$ *в* и полного сопротивления $Z = 5$ *ом*, мы находим, что в данной цепи проходит ток 2 *а*. Заменим конденсатор другим, имеющим реактивное сопротивление 8 *ом*. На первый взгляд может показаться, что включение дополнительного реактивного сопротивления должно уменьшить ток в цепи. Однако, если измерить ток в цепи амперметром, мы убедимся, что в данном случае ток не только не уменьшился, но, наоборот, увеличился до 3,3 *а*. Это объясняется тем, что, когда мы увеличили емкостное сопротивление до 8 *ом*, оно стало равным реактивному сопротивлению катушки. Поэтому реактивные сопротивле-

ния емкости и индуктивности скомпенсировали друг друга и общее реактивное сопротивление цепи стало равным нулю, а в цепи осталось только сопротивление проводов катушки, равное 3 *ом*. Это сопротивление не зависит от частоты и его называют активным.

Эксперименты по изучению резонанса на высоких частотах, используемых для радиовещания, часто бывает трудно выполнить из-за отсутствия под руками необходимой измерительной аппаратуры. Поскольку принципы резонанса на зависят от частоты, можно провести ряд опытов на частоте сети переменного тока 50 *гц*. Эти эксперименты позволят глубже понять, что происходит в резонансных схемах. Для проведения опытов необходимы следующие детали:

Трансформатор со вторичной обмоткой на 24 *в*	1
Тумблер однополюсный	1
Реостат проволочный с сопротивлением от 25 до 50 *ом*	1
Конденсатор (не электролитический) 10 *мкф*, 250 *в* .	1
Патроны для миниатюрных осветительных ламп . . .	3
Лампочки для освещения шкалы 6—8 *в*	3
Провод эмалированный для электромагнитов ∅ 0,51 *мм*	0,9 *м*
Куски мягкого стального провода длиной 120—130 *мм*, ∅ 1,0—1,3 *мм*	20 *м*
Каркас для катушки (рис. VI. 46)	1

Трубку для каркаса катушки можно сделать из куска дерева диаметром 25 *мм* с высверленным отверстием 19 *мм* или же взять кусок гетинаксовой или латунной трубки. Если будет использоваться латунная трубка, ее нужно с одной стороны разрезать вдоль по всей длине, чтобы не допустить появления в ней вихревых токов, вызываемых магнитным полем катушки.

Последовательный резонанс. Соедините детали, как показано на схеме рис. VI.47. Поставьте ползунок реостата в среднее положение, включите трансформатор в сеть переменного тока 127 *в* и включите тумблер. Вставляйте в трубку катушки куски стального провода один за другим до тех пор, пока яркость горения лампочки не станет максимальной. Если дальнейшее увеличение объема сердечника в центре катушки приводит к снижению яркости лампочки, значит мы достигли точки резонанса. Реостат предназначен для того, чтобы иметь возможность уменьшить напряжение на лампе для предотвращения ее перегорания. Вдвигая и выдвигая пучок проводов сердечника в катушку, мы произво-

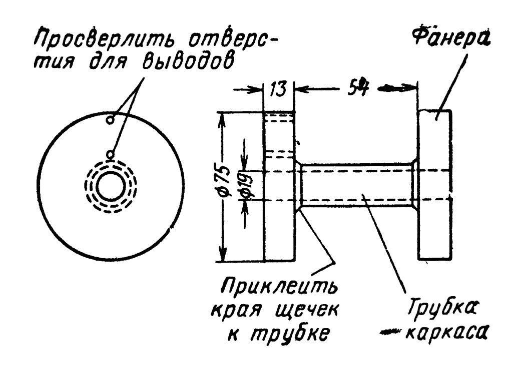


Рис. VI.46. Каркас катушки индуктивности.

дим операцию, аналогичную настройке контура на высокочастотный радиосигнал. Такая настройка осуществляется, например, при передвижении сердечника в катушке радиоприемника.

Если к зажимам конденсатора подсоединить вольтметр переменного тока на 200 *в*, то его стрелка покажет напряжение около 160 *в*. Такое же напряжение измерит вольтметр, подсоединенный к зажимам катушки индуктивности. Это может показаться удивительным. Откуда берутся такие высокие напряжения, если входное напряжение трансформатора составляет всего 24 *в*? Это объясняется тем, что измеренные нами высокие напряжения обусловлены возникновением э. д. с., создаваемых током, проходящим через катушку и конденсатор.

Если подсчитать по формуле реактивное сопротивление конденсатора 10 *мкф* на частоте 50 *гц*, то получится приблизительно 320 *ом*. Измеряя активное сопротивле-

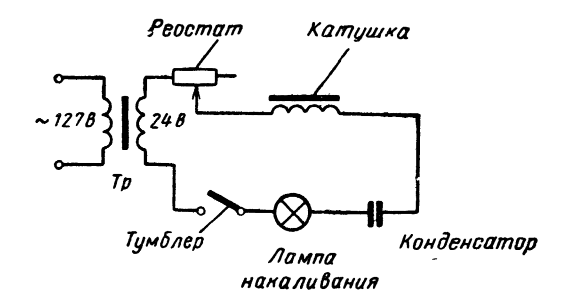


Рис. VI.47. Последовательный резонансный контур

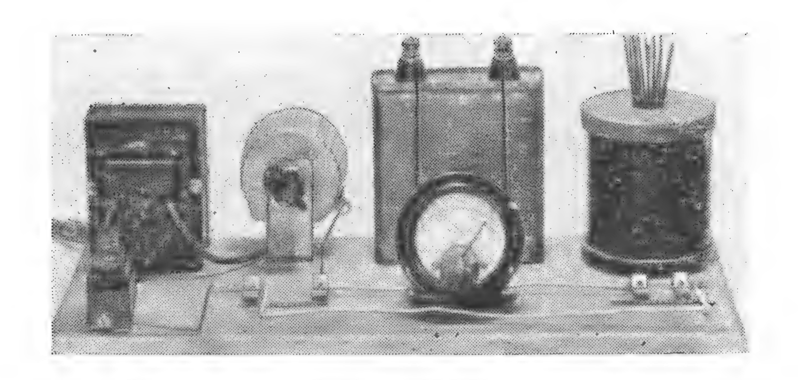


Рис. VI.48. В последовательном резонансном контуре напряжение на зажимах конденсатора и катушки индуктивности при резонансе значительно превышает напряжение питания на выходе трансформатора.

ние катушки омметром или подсчитывая его по количеству использованной проволоки, мы получим величину около 50 *ом*. Так как при резонансе действия емкостного и индуктивного реактивных сопротивлений взаимно уничтожаются, то ток в цепи определяется только величиной активного сопротивления. Так как сопротивление катушки равно 50 *ом*, а приложенное напряжение составляет 24 *в*, то по закону Ома находим, что ток в цепи равен приблизительно 0,5 *а*.

Теперь можно ответить на вопрос, почему на конденсаторе и катушке оказались высокие напряжения. Как было подсчитано, реактивное сопротивление конденсатора равно 320 *ом*. Поскольку при резонансе емкостное и индуктивное реактивные сопротивления равны, катушка будет также иметь реактивное сопротивление

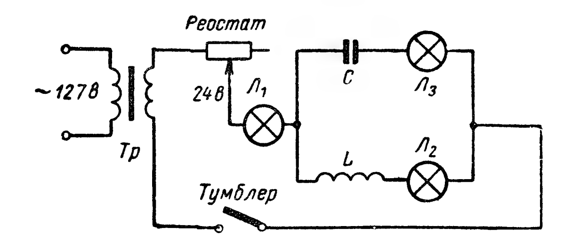


Рис. VI.49. Параллельный резонансный контур.

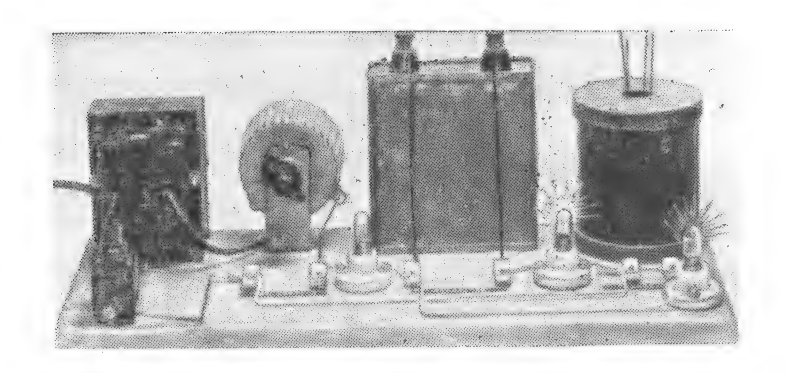


Рис. VI.50. В параллельном резонансном контуре при резонансе в самом контуре проходит большой ток, а в цепи, питающей контур, — малый ток. Лампочки, включенные внутри контура, горят ярко, а лампочка, включенная между контуром и трансформатором, не светится.

320 *ом*. По закону Ома мы находим, что ток 0,5 *а*, проходящий через реактивное сопротивление 320 *ом*, создает на нем напряжение 160 *в*.

Опыты по последовательному резонансу следует проводить, соблюдая правила техники безопасности. Необходимо также принимать меры предосторожности, чтобы не повредить приборы и детали. При последовательном резонансе даже умеренные сетевые напряжения 127 *в* могут возрастать до 600—700 *в*.

Параллельный резонанс. Соединим использовавшиеся

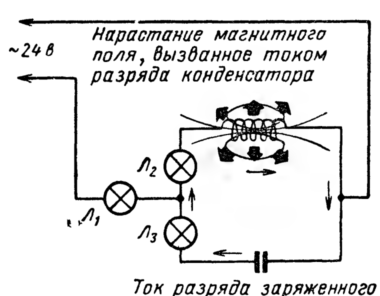


Рис. VI.51. Разряд конденсатора в резонансном контуре.

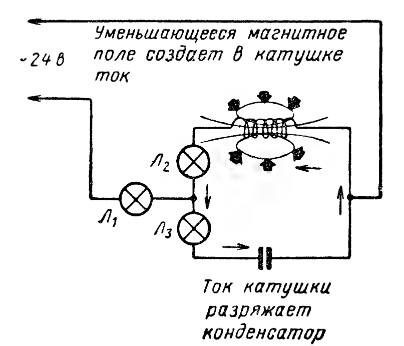


Рис. VI.52. Зарядка конденсатора в резонансном контуре.

в предыдущем опыте детали по схеме рис. VI.49. Установим реостат так, чтобы его сопротивление полностью было включено в схему. Подсоединим трансформатор к сети 127 *в* и включим тумблер. Лампочки $Л_1$, а также $Л_2$ или $Л_3$ должны гореть достаточно ярко. Вставляйте куски провода сердечника в центральное отверстие катушки до тех пор, пока лампа $Л_1$ не погаснет, а лампы $Л_2$ и $Л_3$ будут гореть ярко. При этом может потребоваться подрегулировать реостат. Если дальнейшее увеличение объема провода сердечника в катушке приводит к тому, что $Л_1$, а также $Л_2$ или $Л_3$ начинают гореть ярче, значит точка резонанса достигнута. Перемещая пучок проводов сердечника вдоль оси катушки, мы производим операцию, аналогичную настройке на радиосигнал.

В отличие от схемы последовательного резонанса, в схеме параллельного резонанса напряжение на катушке индуктивности и конденсаторе остается постоянным. Как показал поставленный опыт, ток через лампу $Л_1$ при настройке в резонанс существенно уменьшался, а ток в резонансном контуре существенно возрастал. Наличие большого тока в параллельном резонансном контуре, для поддержания которого достаточен малый ток в цепи питания, объясняется причинами, действующими и при последовательном резонансе.

Предположим, что при резонансе в параллельном контуре начинает проходить ток разряда конденсатора через катушку (рис. VI.51). При нарастании этого тока через катушку ее магнитное поле возрастает до тех пор, пока конденсатор полностью не разрядится. После этого магнитное поле начинает уменьшаться, и в катушке поддерживается ток, заряжающий конденсатор напряжением противоположного знака (рис. VI. 52). Когда конденсатор полностью зарядится, весь цикл повторится с самого начала.

Важной особенностью параллельного контура является то, что для поддержания в нем резонанса нужно подводить к нему очень малый ток от источника питания. Если бы можно было сделать катушку с нулевым активным сопротивлением и конденсатор с диэлектриком без потерь, то колебания тока в контуре, однажды возникнув, продолжались бы бесконечно. Фактически ток, потребляемый от источника питания, идет на восполнение активных потерь в контуре (т. е. потерь на нагрев проводов и диэлектрика), а также потерь на излучение.

В большинстве радиоприемников и передатчиков для настройки используются параллельные резонансные контуры. В радиопередатчиках такие колебательные контуры обычно собирают из толстых медных или посеребренных проводников, позволяющих свести к минимуму активные потери.

Контрольные вопросы

1. Дайте определение радиочастоты.
2. Если говорят, что радиостанция работает на частоте 900 *кгц*, то чему равна ее частота в герцах?
3. Объясните, что происходит с радиоволнами, когда они встречают на своем пути ионосферный слой.
4. С какой скоростью распространяются радиоволны?
5. Почему высокочастотную волну, излучаемую передатчиком, называют несущей?
6. Для чего предназначен орган настройки в радиоприемнике?
7. Почему контур, содержащий катушку с большим числом витков, настраивается на меньшую частоту, чем при катушке с малым числом витков?
8. Чем разделяются пластины ротора и статора в переменном конденсаторе?
9. Почему контур с переменным конденсатором, у которого пластины ротора вдвинуты между пластинами статора, оказывается настроенным на сравнительно низкую частоту?
10. Какой единицей измеряется емкость конденсатора?
11. Пользуясь символами, применяемыми в радиоэлектронике, нарисуйте схему органа настройки. Он должен быть соединен с антенной и землей. Для настройки используйте переменный конденсатор.
12. В чем различие между амплитудной и частотной модуляцией?
13. Что собой представляет диэлектрик в конденсаторе?
14. Перечислите факторы, от которых зависит емкость конденсатора.
15. В каких единицах измеряется емкость?
16. Выразите емкость 0,0001 микрофарады в пикофарадах.
17. Перечислите несколько различных типов конденсаторов.
18. Что имеют в виду, когда говорят: «рабочее напряжение конденсатора»?
19. Если параллельно соединены конденсаторы 0,1 *мкф*, 5 *мкф* и 0,25 *мкф*, чему будет равна их общая емкость?
20. Чему будет равна общая емкость двух конденсаторов по 4 *мкф*, соединенных последовательно?
21. Чем определяется индуктивность катушки?
22. Как можно увеличить резонансную частоту схемы, содержащей индуктивность и емкость?

26. ПРИЕМ РАДИОСИГНАЛОВ

Назначение радиоприемика. Выше отмечалось, что радиоволна, посылаемая передающей радиостанци-

ей, представляет собой высокочастотную волну, изменяющую свою амплитуду (или частоту) под действием модулирующих ее звуковых частот. Однако если подсоединить непосредственно телефонные наушники к органу настройки радиоприемника, то услышать передачу невозможно. Дело в том, что колебания, создаваемые радиоволнами, имеют такую большую частоту, что они не могут вызвать колебаний мембраны наушников. Нужен специальный метод, позволяющий выделить из высокочастотных колебаний радиоволны низкочастотные колебания.

Итак, назначение радиоприемника состоит в том, чтобы осуществить настройку на волну радиостанции, отделить звуковые частоты от высоких частот и преобразовать электрические звуковые колебания в звук (рис. VI.53).

Полупроводниковый кристалл как детектор. Чтобы слушать программу радиовещательной станции, необходимо настроиться на сигнал нужной радиочастоты и преобразовать амплитудно-модулированные радиоволны в звуковые колебания. Устройство, выделяющее звуковые частоты из высокочастотного сигнала, называется детектором. Одним из них является полупроводниковый диод, изготовленный из германия или кремния. Конструкция германиевого диода с точечным контактом показана на рис. VI.54. Такой диод действует подобно одностороннему вентилю, свободно пропускающему ток в одном направлении и почти не пропускающему ток в противоположном направлении.

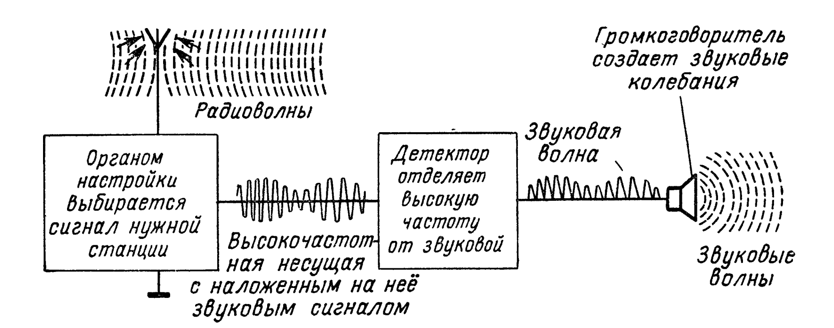


Рис. VI.53. Иллюстрация основных функций, выполняемых радиоприемником.

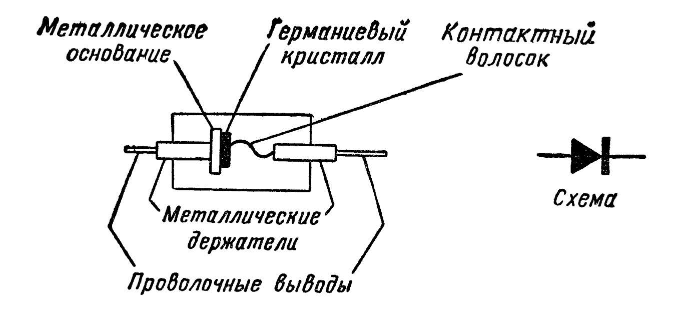
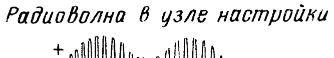


Рис. VI.54. Конструкция германиевого диода с точечным контактом. Диод пропускает через себя ток только одного направления.

На рис. VI.55 показан простейший орган настройки, состоящий из антенной катушки и переменного конденсатора для настройки. Параллельно контуру подсоединены диод и пара головных телефонов. Когда модулированный высокочастотный сигнал попадает из контура на диод, то диод пропускает токи одного направления и не пропускает токи другого направления. Так как ток проходит только в одном направлении, то через телефоны будет проходить изменяющийся по величине постоянный ток. В амплитудно-модулированном сигнале изменения по амплитуде имеют место как в положительных, так и в отрицательных полупериодах высокочастотного тока радиосигнала. Диод в схеме на рис. VI.55



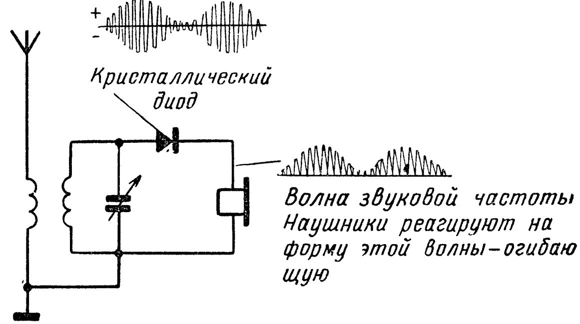


Рис. VI.55. В простейшем радиоприемнике диод служит детектором. Детектор позволяет отделить сигналы звуковых частот от высокочастотного сигнала.

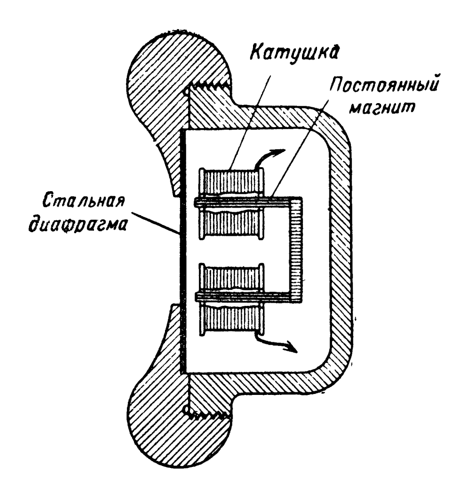
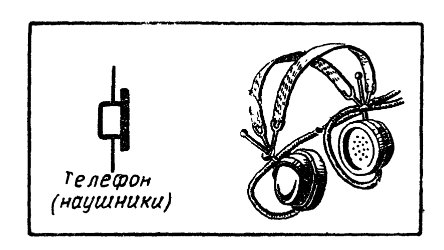


Рис. VI.56. Конструкция телефона.



пропускает ток только в течение одной половины каждого периода радиочастоты. При этом сигнал звуковой частоты проходит через катушки наушников, и, таким образом, имеется возможность слушать передачу.

Использование головного телефона с диодом. По своей конструкции головной телефон во многом аналогичен трубке телефонного аппарата. (рис. VI.56). Тонкая металлическая мембрана притягивается постоянным магнитом. Две электромагнитные катушки установлены так, что при прохождении через них меняющегося по величине тока они заставляют мембрану колебаться.

Без диода мембрана наушников не смогла бы реагировать на очень быстро меняющиеся токи радиочастоты. Когда же в цепь наушников включен диод, ток через катушки проходит в одном и том же направлении.

Мембрана не может колебаться с радиочастотой, но она в состоянии реагировать на изменения амплитуды сигнала. При этом каждое изменение амплитуды сигнала изменяет ток в катушках телефона и вызывает колебания мембраны. Колебания, воспроизводимые катушками, представляют собой не что иное, как звуковой сигнал, создаваемый звуковыми волнами, возбуждающими микрофон в радиостудии.

Электронный вакуумный диод. Электронная лампа, часто называемая вакуумной, также может использоваться в качестве детектора. Простейшей электронной

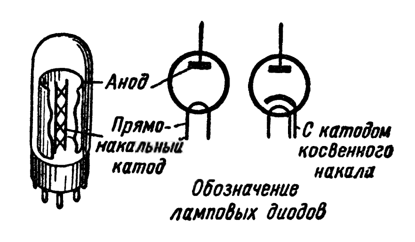
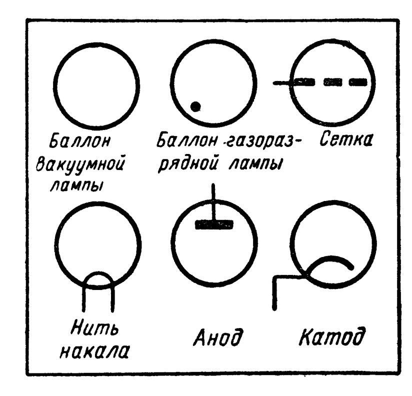


Рис. VI.57. Диодная электронная лампа состоит из катода и анода. Катод бывает прямонакальный и косвенного накала.



лампой является диод. В соответствии со своим названием диод содержит два основных элемента, один из которых называется катодом, а другой анодом. Оба элемента заключены в герметичную стеклянную или металлическую колбу. Воздух и газы удаляются из лампы, и внутри нее создается вакуум. Вакуум необходим, чтобы катод лампы служил долго и чтобы газы не мешали движению электронов в лампе.

Термоэлектронная эмиссия. Для изготовления катода пользуются тонкой проволокой из таких материалов, как никель и вольфрам, покрытой оксидным слоем, или же из торированного вольфрама. Если выводы катода (рис. VI. 57) соединить с источником электрического напряжения, то катод нагревается докрасна. При температуре красного свечения с поверхности катода вылетают свободные электроны. Такое испускание свободных электронов с нагретой поверхности называется термоэлектронной эмиссией. Электроны, оставившие катод, образуют около него облачко, называемое «пространственным зарядом».

Для подогрева катода можно использовать как переменный, так и постоянный ток. Напряжение переменного тока для этой цели обычно берется с трансформатора, понижающего сетевое напряжение до уровня, необходимого для накала катода. Постоянный ток для накала можно получить от батарей или другого источника питания. Обычно для накала используют напряжение 6,3 *в*.

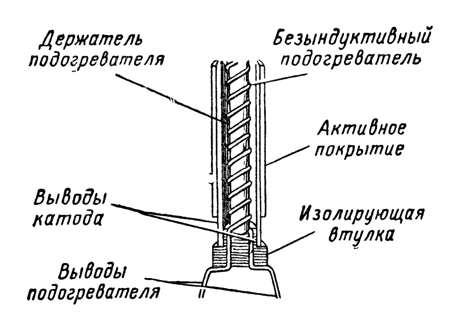


Рис. VI.58. Конструкция подогревателя и катода.

Электронные лампы с катодом косвенного накала. Когда для подогрева прямонакального катода используется постоянный ток, электронная эмиссия имеет постоянную величину. Однако при питании цепи накала переменным током электронная эмиссия может меняться, следуя изменениям тока. В лампах, накал которых должен питаться переменным током, нить накала помещают в покрытую оксидным слоем трубку (рис. VI.58). В этом случае роль катода играет эта трубка.

В катодах косвенного накала нить накала называется подогревателем, так как она служит для подогрева катода. После разогрева катод начинает испускать электроны. Благодаря тому, что катод сравнительно массивен, его температура не меняется с частотой переменного тока. Таким образом, подогреватель нагревает катод, который создает стационарный поток электронов. Катод косвенного накала выполняет те же функции, что и прямонакальный катод. Вывод от катода присоединяется к одному из штырьков цоколя лампы.

Детектор на ламповом диоде. Работа такой лампы во многом аналогична работе полупроводникового диода. В ней, так же как и в диоде, сигналы высокой частоты выпрямляются, т. е. преобразуются в пульсирующий постоянный ток. На рис. VI.59 показана основная схема включения электронной лампы в качестве диодного детектора. На подогреватель подается низкое напряжение переменного тока, которое нагревает катод, соз-

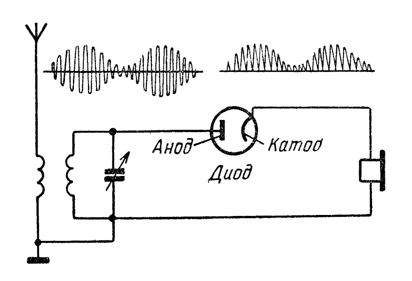


Рис. VI.59. Схема детектора на диодной электронной лампе.

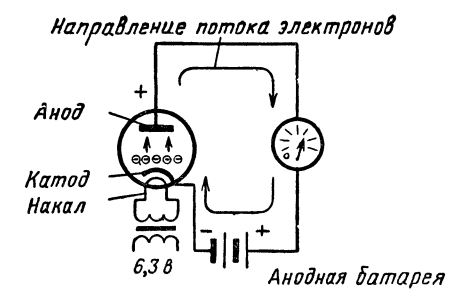


Рис. VI.60. Когда анод положителен, электроны двигаются от катода к аноду.

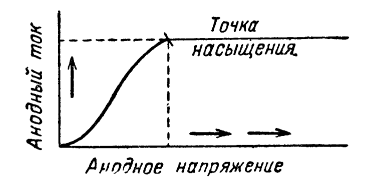


Рис. VI.61. Кривая показывает возрастание анодного тока при увеличении напряжения на аноде лампы. Если анодный ток не возрастает при увеличении напряжения на аноде, это значит, что лампа достигла точки насыщения.

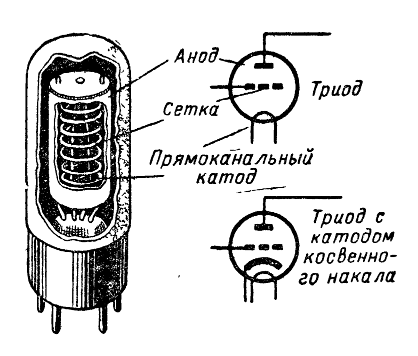


Рис. VI.62. В этом триоде имеется прямонакальный катод, сетка и анод.

дающий постоянную эмиссию электронов Когда сигнал, выделяемый настроенным контуром, создает на аноде положительный заряд, этот заряд притягивает отрицательно заряженные электроны от катода к аноду. Электроны проходят через контур и, пройдя через наушники, возвращаются к катоду. Когда радиосигнал, выделяемый контуром, создает на аноде отрицательный заряд, анод отталкивает электроны, испускаемые катодом, и ток через наушники отсутствует. Таким образом, каждый раз, когда анод положителен, через наушники проходит ток, а когда анод отрицателен, ток через наушники отсутствует.

Из этого объяснения ясно, что ламповый диод, так же как и полупроводниковый, пропускает ток через наушники только в одном направлении. Наушники реагируют на изменение амплитуды текущего через них пульсирующего постоянного тока. Эти амплитудные изменения содержат в себе звуковые колебания, подоб-

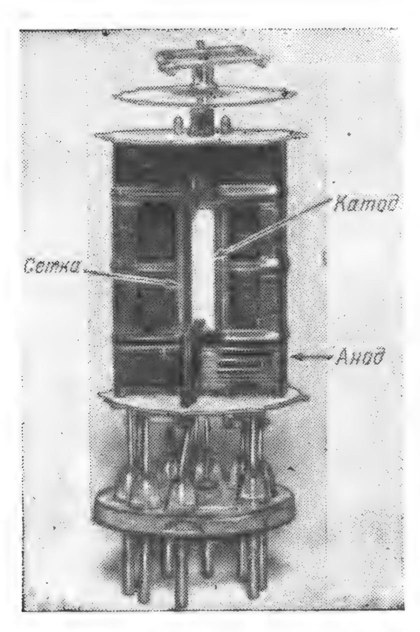


Рис. VI.63. Внутреннее устройство триодной электронной лампы. Сетка окружает катод, в свою очередь анод окружает сетку.

ные использованным на передающей радиостанции, и поэтому в наушниках слышны звуки. Один из недостатков лампового и полупроводникового диодов состоит в том, что они не могут усиливать сигналы. Чтобы в наушниках был громко слышен звук, сигнал должен быть достаточно большим.

Электронная лампа может служить не только детектором, но и усилителем сигнала. Часто ее используют в качестве вентиля или управляющего прибора, в котором весьма малые напряжения усиливаются во много раз. Для работы электронной лампы в качестве усилителя требуется внешний источник напряжения. Им может служить батарея или источник питания, обеспечивающий получение постоянного тока нужной величины.

Анодный ток. Если аноду электронной лампы сообщить положительный заряд, соединив его с положительным полюсом батареи (рис. VI.60), электроны, эмиттируемые катодом, начнут двигаться к аноду. Так как электроны заряжены отрицательно, а анод имеет положительный заряд, через электронную лампу пойдет ток.

Стоит только поменять полярность батареи, присоединенной к аноду, на обратную, т. е. так, чтобы анод был отрицательным, и ток через лампу проходить не будет. Когда анод заряжен отрицательно, электроны отталкиваются им к катоду. Если анодное напряжение увеличивать, анодный ток также будет увеличиваться до тех пор, пока катод сможет эмиттировать нужное число электронов. Когда анодный ток перестает расти

при увеличении анодного напряжения — это значит, что лампа достигла точки насыщения (рис. VI.61).

Следует отметить, что отрицательный полюс батареи соединен с катодом, а положительный — с анодом. Когда отрицательный полюс батареи присоединен к катоду, цепь замкнута. Электроны передвигаются от катода к аноду в лампе и возвращаются по внешней цепи к катоду. Если в любом месте разорвать цепь, то ток прекратится.

Конструкция триода. Простая электронная лампа, содержащая три элемента, называется триодом. Триод состоит из катода, сетки и анода (рис. VI.62). Прямонакальный катод, расположенный в центре лампы, делают из вольфрамовой проволоки с небольшим количеством тория. Вокруг катода в форме спирали навита тонкая проволока, называемая сеткой. Сетка поддерживается специальными траверзами, закрепленными в стеклянной ножке так, чтобы сетка не касалась катода или анода. Сетка окружена анодом, представляющим собой деталь (например, цилиндр), сделанную из металлического листа. Наряду с прямонакальными катодами в триодах используют и катоды косвенного накала (рис. VI.62 и VI.63).

Роль сетки. Когда к аноду электронной лампы приложено положительное напряжение, электроны, вылетающие из катода, притягиваются к аноду, и через лампу проходит ток. В триоде между катодом и анодом имеется сетка, и электроны должны пройти через нее, чтобы достичь анода. Расстояние между витками сетки настолько велико, что сетка практически не мешает движению электронов от катода к аноду.

Если на сетку подать небольшое отрицательное напряжение, она будет отталкивать часть электронов, идущих от катода к аноду, и анодный ток уменьшится (рис. VI.64). Так как на аноде имеется сравнительно большой положительный заряд, большинство электронов пройдет сквозь спиральную сетку. Только некоторая часть электронов будет отражена отрицательно заряженной сеткой к катоду. Чем больше отрицательный заряд на сетке, тем больше электронов отталкиваются ею к катоду и тем меньше станет анодный ток. Обычно требуется, чтобы на сетке поддерживалось отрицательное напряжение, которое называют напряжением сеточного смещения.

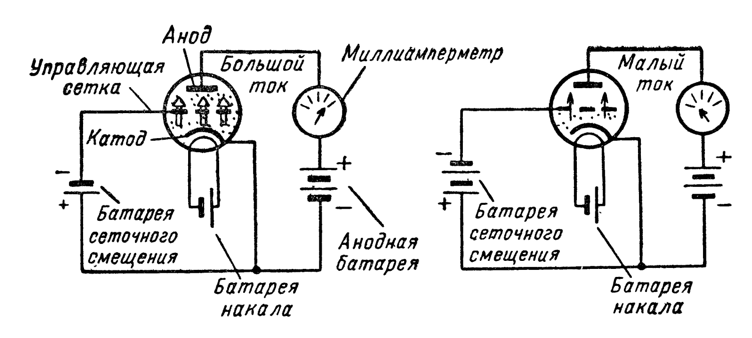


Рис. VI. 64. Управляющая сетка определяет величину анодного тока в лампе. Чем больше отрицательный заряд на сетке, тем меньший анодный ток приходит через лампу.

Усилители сигналов на электронных лампах. Если на сетку лампы подать переменное напряжение, то это вызовет изменение тока в анодной цепи. Форма колебаний тока в анодной цепи идентична форме колебаний напряжения на сетке, а сигнал оказывается усиленным (рис. VI.65).

Чтобы использовать электронную лампу в качестве усилителя, необходимо включить в анодный или выходной контур нагрузку. Такой нагрузкой может быть телефон, резистор или трансформатор (рис. VI.65).

Анодный детектор. Если сетку соединить непосредственно с контуром, то на сетке будет действовать пере-

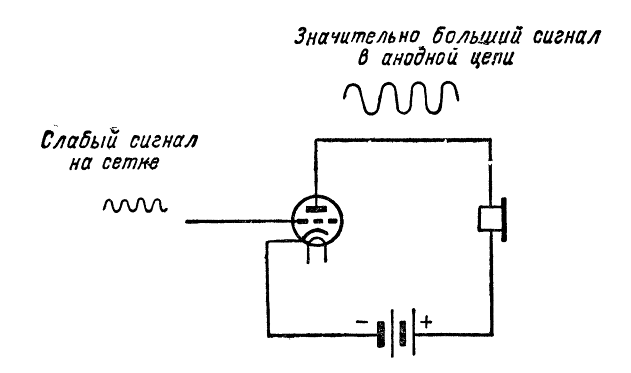


Рис. VI.65. Радиолампа усиливает поданный на нее сигнал. Очень малый сигнал на сетке вызывает сравнительно большие изменения анодного тока.

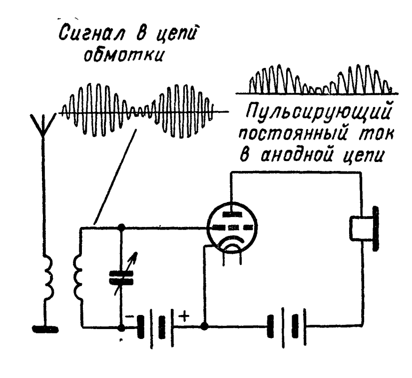


Рис. VI.66. В этой схеме анодного детектора батарея сеточного смещения предотвращает прохождение тока при отрицательной части периода сигнала.

менное напряжение контура. Анодный ток будет изменяться с высокой частотой в соответствии с изменениями напряжения на сетке и телефон не сможет работать. Чтобы его мембрана могла реагировать на колебания звуковой частоты, необходимо заставить лампу выполнять функции детектора.

Один из способов использования триодной лампы в качестве детектора называется анодным детектированием. В таком детекторе в цепь сетки включают батарею сеточного смещения, как показано на рис. VI. 66. Батарею смещения включают так, чтобы сетка была соединена с ее отрицательным полюсом, а катод с положительным. Отрицательное напряжение на сетке должно иметь такую величину, при которой в отсутствие сигнала через лампу протекал бы очень небольшой ток. Как только в контуре появляется сигнал, величина заряда на сетке начинает меняться. Во время положительной части сигнала сетка будет заряжена менее отрицательно и в анодной цепи пойдет ток. Положительное напряжение сигнала, суммируясь с отрицательным напряжением батареи сеточного смещения делает напряжение на сетке менее отрицательным.

В отрицательной части периода сигнала напряжение на сетке становится более отрицательным и ток в анодной цепи не проходит. Таким образом, сигнал в анодной цепи детектируется так же, как и в схеме с диодным детектором. При этом способе детектирования электронная лампа является детектором и усилителем.

Сеточный детектор. Схемы диодного и анодного детектора хорошо работают при детектировании больших сигналов или когда перед детектором используется усилитель. При усилении слабых сигналов лучшие результаты дает сеточный детектор. В этой схеме детектора в цепь сетки лампы включают параллельно соединенные

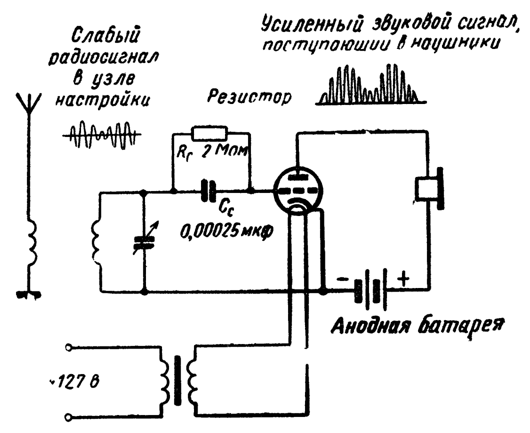


Рис. VI.67. Схема сеточного детектора.

конденсатор C_c и резистор [1]) R_c (рис. VI.67). Анодное напряжение для схемы сеточного детектора выбирают в пределах от 45 до 150 *в* в зависимости от типа используемой лампы. Часто сеточный резистор включают так, как показано на рис. VI.68. Конденсатор C_c в цепи сетки обычно имеет небольшую емкость, порядка 100—200 *пф*.

Резистор R_c, включенный в цепи сетки и называемый сопротивлением утечки, имеет довольно большое сопротивление. Обычно оно составляет от 1 до 3 миллионов ом, т. е. от 1 до 3 *Мом* (мегом).

В этих последних двух схемах в цепи сетки проходит пульсирующий ток, содержащий три составляющие. Составляющая тока высокой частоты проходит через сеточный конденсатор C_c, так как он для этой частоты

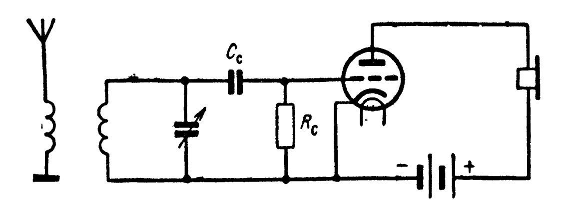


Рис. VI.68. Включение резистора утечки сетки R_c между сеткой и катодом лампы.

[1]) В радиотехнике детали схем, обладающие сопротивлением, принято называть резисторами. (*Прим. ред.*).

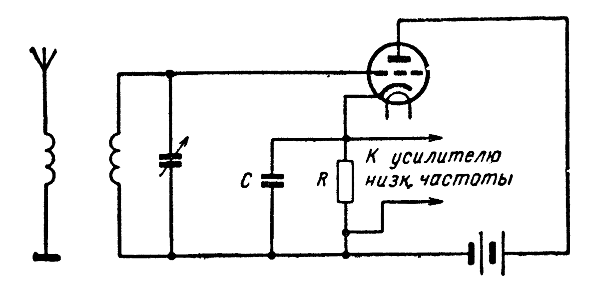


Рис. VI.69. Схема катодного детектора.

представляет небольшое сопротивление. Две другие составляющие сеточного тока проходят через сеточный резистор R_c и создают на нем напряжение, меняющееся со звуковой частотой. Это напряжение приложено к сетке триода. Оно воздействует на его анодный ток, и он пульсирует со звуковой частотой.

Из-за наличия сопротивления утечки часть электронов, накапливающихся на сетке, стекает с нее. При отсутствии этого сопротивления отрицательный заряд на сетке может возрасти настолько, что ток через лампу проходить не будет (т. е. она будет «заперта»).

Наушники, включенные в анодную цепь под действием пульсирующего тока звуковой частоты, воспроизводят звуковые колебания.

Катодный детектор. Иногда применяют катодный детектор (рис. VI.69). Сопротивление его нагрузки R

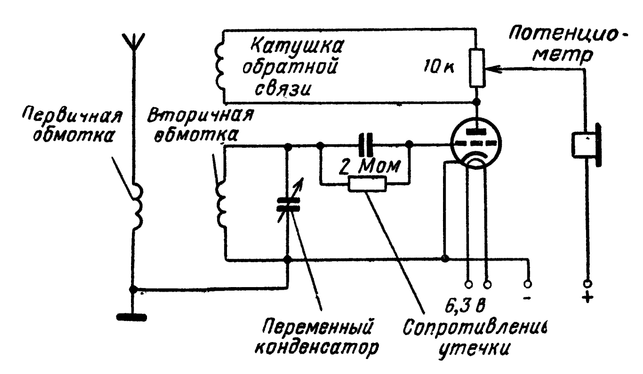


Рис. VI.70. Схема регенеративного приемника. Анодная катушка (катушка обратной связи) подает часть энергии обратно во вторичную обмотку. Регенерация регулируется переменным резистором.

включено в цепь катода лампы. Конденсатор C имеет небольшую емкость и служит для сглаживания пульсаций тока высокой частоты. Такой детектор не усиливает, а несколько ослабляет сигнал. Зато он позволяет осуществлять детектирование сильных сигналов с малыми искажениями.

Регенеративный приемник. Чувствительность сеточного детектора можно повысить, если использовать в цепи анода лампы катушку обратной связи. Приемник с такой катушкой называют регенеративным. Процесс регенерации способствует усилению сигнала.

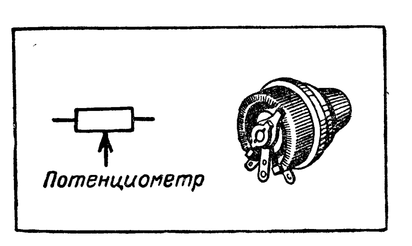
На рис. VI.70 показана основная схема такого приемника. В его настроечном контуре используют третью катушку. Эта третья катушка помещается вблизи основной катушки и включается в схему так, чтобы через нее протекал анодный ток.

Анодная катушка связана с основной таким образом, что ее магнитное поле индуцирует в ней э. д. с. и ток. Таким образом, энергия из анодной цепи подается в контур. Изменения тока в анодной цепи соответствуют изменениям тока в контуре. В результате энергия в контуре увеличивается и сигнал возрастает.

Управление регенерацией. Когда из анодной катушки в сеточный контур поступает слишком много энергии, приемник может превратиться в передатчик, так как в нем при этом возникают колебания высокой частоты, Регенеративная схема, в которой возникают колебания, называется автогенератором. Сигналы такой схемы могут быть приняты другими приемниками как свисты и завывания.

В регенеративном приемнике эти автоколебания можно услышать через наушники. Свисты и завывания мешают слушать требуемый сигнал и поэтому их необходимо устранять.

Одним из способов управления регенерацией или величиной обратной связи, является включение параллельно анодной катушке потенциометра (рис. VI.70). В этом случае для тока имеется два пути. Часть тока проходит через анодную ка-



тушку, а другая часть — через потенциометр. Величина обратной связи изменяется регулировкой потенциометра, благодаря чему через катушку направляется нужная часть тока.

Для достижения наилучших результатов с регенеративным приемником потенциометр надо подстраивать на наибольшую громкость сигнала, не допуская, однако, прослушивания свистов в наушниках. Если приемник начинает генерировать и в наушниках становятся слышны свисты, надо поворачивать ручку потенциометра в обратном направлении до тех пор, пока слышен будет только один сигнал, а свисты исчезнут.

ИНТЕРЕСНЫЕ САМОДЕЛКИ

1. Детекторный радиоприемник

Необходимые материалы:

Деревянная плитка 13×115×115 *мм*	1
Деревянная плитка 13×25×90 *мм*	1
Катушка эмалированного провода ∅ 0,51 *мм*	1
Полоска пружинной латуни 9,5×110 толщиной 0,5 *мм*	1
Латунная трубка, наружный диаметр 6,5 *мм*, длина 19 *мм*	1
Зажимы длиной 19 *мм*	3
Диод германиевый, например типа Д9 или Д2	1
Шурупы и шайбы	

Просверлите в меньшей плитке почти сквозное отверстие малого диаметра, отступив от края на 19 *мм*. Вставьте в это отверстие один конец провода и намотайте на деревянный брусок 100 витков провода. Просверлите еще одно отверстие у края бруска и пропустите провод через отверстие. Покройте грани готовой катушки, за исключением той, по которой будет двигаться ползунок, шеллаком или другим изоляционным ла-

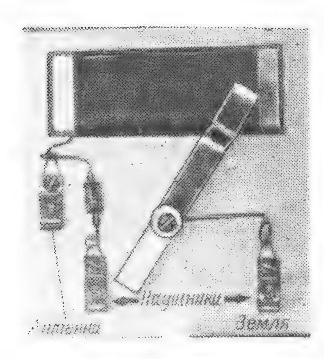


Рис. VI.71. Детекторный радиоприемник.

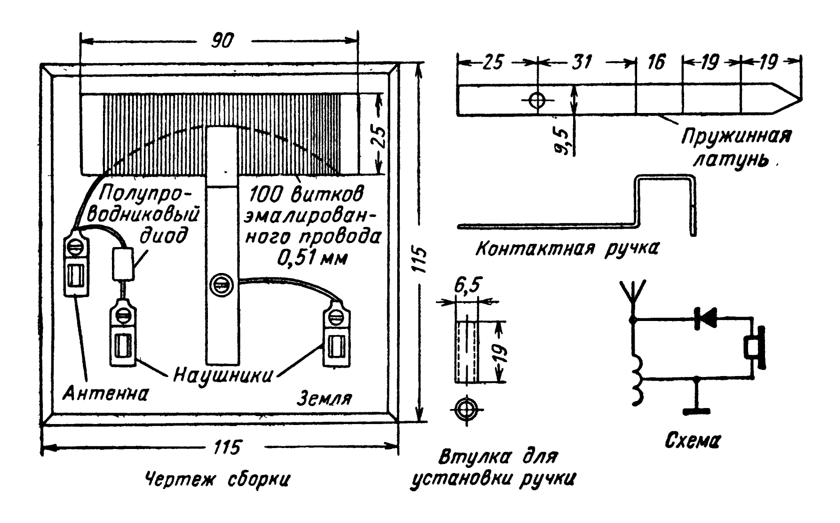


Рис. VI.72. Конструкция и схема детекторного радиоприемника.

ком. Приклейте катушку к деревянному основанию (шасси) приемника.

Расположите полоску пружинной латуни так, как показано на рис. VI.71. Просверлите и изогните ее, чтобы она могла служить ручкой контактной настройки. Прикрепите ручку настройки к деревянному шасси, использовав для этой цели кусок латунной трубки, шайбу и длинный шуруп. При движении контактная часть ручки должна описывать дугу на поверхности катушки. Нажмите слегка на контактную часть ручки, поверните ее в обе стороны несколько раз, чтобы снять эмалевое покрытие с провода и обеспечить контакт ползунка с проводом. Приверните контактные зажимы к шасси шурупами и выполните показанные на рисунке соединения. Полупроводниковый диод подсоедините между контактным зажимом антенны и одним из зажимов телефонных наушников (рис. VI.71 и VI.72).

Подключите к соответствующим зажимам антенну, наушники и заземление. После этого, перемещая ползунок по катушке, можно настроиться на расположенную поблизости радиовещательную станцию.

Для заземления обычно пользуются куском медного провода, соединенного с водопроводной трубой. Другой конец провода заземления соединяется с зажимом

«земля» приемника. Наилучшая длина антенны определяется опытным путем. Высокорасположенная и длинная антенна позволит приемнику принимать большее число станций, но их сигналы будет труднее отделять друг от друга. Выберите длину антенны такой, чтобы она позволила вам принимать сигналы наибольшего числа радиостанций.

2. Детекторный приемник с конденсаторной настройкой

Необходимые материалы:

Деревянная плитка 75×125 *мм*	1
Переменный конденсатор 365 *пф*	1
Катушка эмалированного провода для намотки электромагнитов ∅ 0,32 *мм*	1
Картонный каркас ∅ 25 *мм* длиной 75 *мм*	1
Диод Д9 или Д2	1
Зажимы	4

Просверлите четыре отверстия диаметром 1,6 *мм* на расстоянии 6 *мм* от края трубки и между центрами отверстий (рис. VI.74). Еще одно отверстие диаметром 1,6 *мм* надо просверлить на расстоянии 13 *мм* от того же

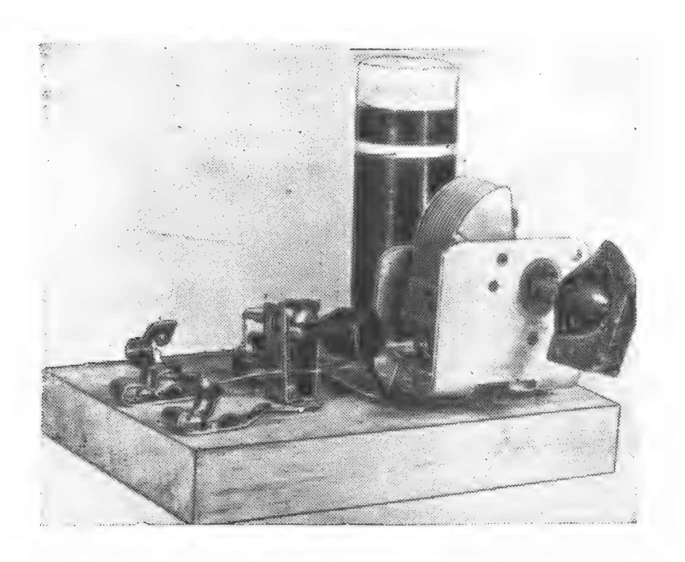
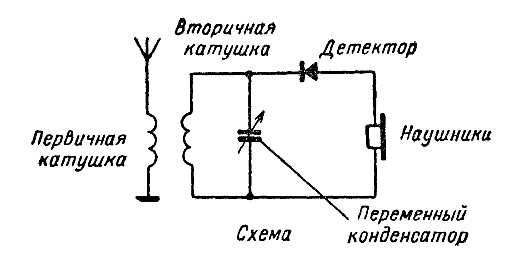


Рис. VI.73. Детекторный приемник с конденсаторной настройкой.



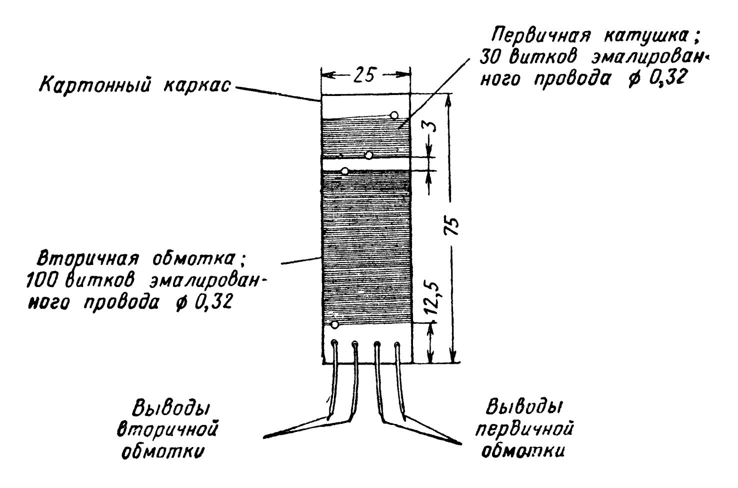


Рис. VI.74. Схема и эскиз катушки детекторного приемника с конденсаторной настройкой.

края каркаса. Затем следует вставить в него конец обмоточного провода и прочно закрепить его в одном из нижних отверстий. Намотайте на каркас 100 витков провода. Просверлите отверстие диаметром 1,6 *мм* вблизи конца обмотки и пропустите конец обмотки в это отверстие. Затем закрепите этот конец в одном из отверстий у края трубки. Просверлите еще одно отверстие диаметром 1,6 *мм* на расстоянии 3 *мм* от края первой обмотки и намотайте на каркас 30 витков провода, которые будут служить первичной обмоткой.

Наматывать первичную обмотку надо в том же направлении, что и обмотку с большим числом витков. Конец обмотки закрепите. Вырежьте из дерева кружок так, чтобы по диаметру он подходил к диаметру катуш-

ки, и приклейте его. Привинтите катушку шурупом к деревянному основанию. Закрепите на деревянном основании контактные зажимы, после чего соедините детали между собой в соответствии со схемой рис. VI.74. Указания по выполнению заземления и выбору антенны были даны при описании простейшего детекторного радиоприемника.

3. Одноламповый регенеративный приемник

Необходимые материалы:

Антенная катушка (подробности конструкции см. в описании предшествующей модели рис. VI.74)	1
Переменный конденсатор 365 *пф* (C_1)	1
Зажимы	6
Постоянный конденсатор слюдяной 250 *пф* (C_2)	1
Резистор 2 *Мом*, 0.5 *вт* (R_1)	1
Переменный резистор 10 000 *ом* (R_2)	1
Электронная лампа типа 6С5С	1
Октальная ламповая панель	1
Стальной или алюминиевый лист толщиной 0,95 *мм* 100×175 *мм*	1
Кусок текстолита 3×25×100 *мм*	1
Резиновая прокладка толщиной 6 *мм*	1
Резиновая прокладка толщиной 9,5 *мм*	1
Ручки	2

Разметьте лист стали и просверлите отверстия, показанные на рис. VI.76. Согните края под углом 90°, чтобы получились стенки шасси. Укрепите конденсатор и катушку в намеченных положениях. Отсчитав 30 витков

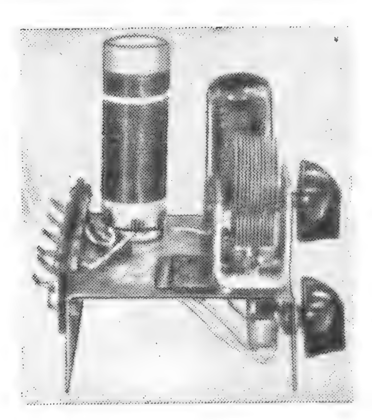


Рис. VI.75. Одноламповый регенеративный приемник.

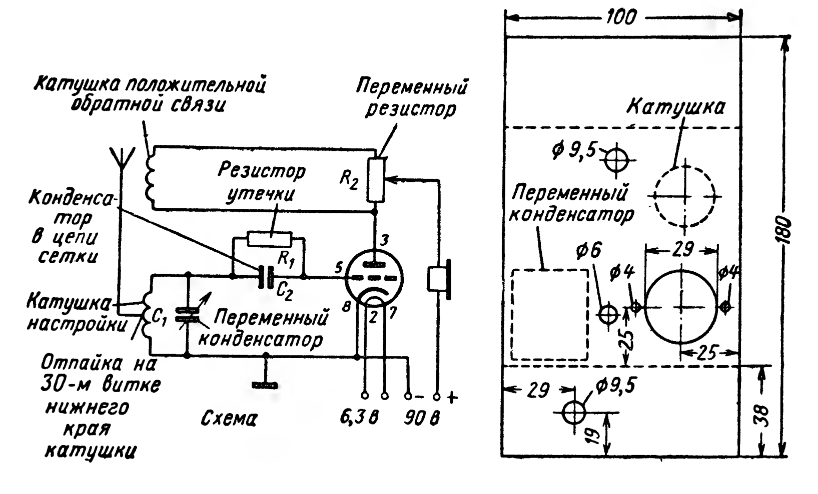


Рис. VI.76. Схема и чертеж шасси одноллампового регенеративного приемника.

от нижнего края катушки, сделайте отпайку для антенны. Закрепите потенциометр в отверстии диаметром 9,5 *мм* в передней стенке шасси. Сделайте контактную планку из текстолита и контактных зажимов и прикрепите ее к задней стенке шасси. Выполните монтаж проводов и пайки в соответствии со схемой.

При работе с приемником ручку переменного резистора надо поставить так, чтобы достигалась наибольшая чувствительность и не было искажения сигналов. Если ручку повернуть слишком далеко, музыка или речь станет неразборчивой, а в наушниках будут слышны свисты высокого тона. Наилучшей

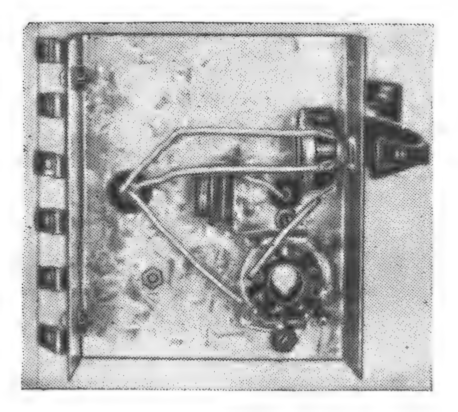


Рис. VI.77. Общий вид монтажа одноллампового приемника (с нижней стороны шасси).

рабочей точкой будет та, в которой чувствительность приемника максимальна, а речь и музыка воспроизводятся с наименьшими искажениями. Если приемник не генерирует свистов при произвольном положении ручки переменного резистора, значит нужно поменять концы проводов между первичной обмоткой катушки и переменным резистором.

Данный приемник хорошо работает при питании от батареи или от источников питания, описанных в § 29.

Контрольные вопросы

1. Назовите три основных назначения радиоприемника.
2. Что такое детектор?
3. Для чего служит диод в схеме детектора?
4. Какой ток проходит через наушники в схеме с детектором?
5. Назовите два основных элемента лампового диода.
6. Почему в электронной лампе должен быть вакуум?
7. В чем заключаются функции катода в электронной лампе?
8. Назовите три основных элемента триодной лампы.
9. Каким образом сетка управляет анодным током?
10. Как электронная лампа усиливает сигнал?
11. Чем диодный детектор отличается от анодного?
12. Для чего служат накальная, анодная и сеточная батареи?

27. УСИЛИТЕЛИ НА ЭЛЕКТРОННЫХ ЛАМПАХ

Электронная лампа как усилитель Важнейшим свойством электронной лампы является ее способность усиливать сигналы. В качестве детектора можно использовать германиевые и кремниевые кристаллы, но сигнал при этом усиливаться не будет. В электронной лампе слабые колебания, т. е. очень слабый сигнал, поступающий на управляющую сетку, могут вызывать сравнительно большие изменения тока в анодной цепи.

Усилители низкой частоты с резистивно-емкостной связью. Сигналы на выходе детектора имеют недостаточно большую величину. Обычно мы пользуемся не наушниками, а громкоговорителем, который могут слушать одновременно несколько человек. Сигнал низкой частоты можно усилить с помощью одной электронной лампы. Такая схема называется усилителем низкой частоты.

Одним из способов связи детектора с усилителем низкой частоты является использование цепочки из ре-

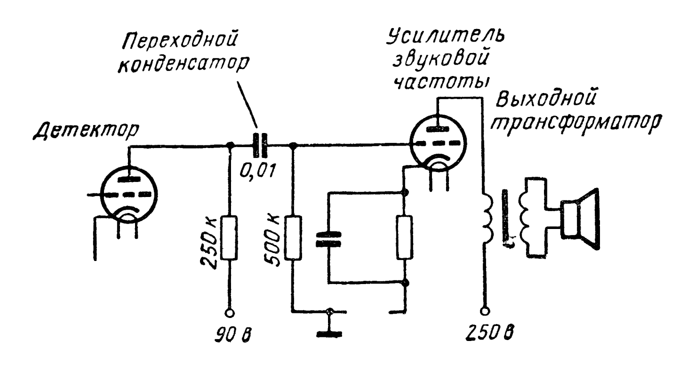


Рис. VI.78. Сигнал с выхода детектора подается на вход усилителя низкой частоты. Для этого используются резисторы и конденсатор.

зистора и емкости. Другим возможным способом является связь детекторной и усилительной лампы с помощью трансформатора, однако трансформаторная связь почти вытеснена резистивно-емкостной связью. Последняя не дает усиления сигнала, которое можно получить с помощью трансформатора, но зато позволяет получить высокое качество звучания и значительно дешевле в производстве. Типичная схема усилителя, связанного с детекторным каскадом резистивно-емкостной цепочкой и выполненного на пентоде, показана на рис. VI.79. Пентод содержит пять электродов: анод, катод, управляющую, экранирующую и защитную сетки (см. рис. VI.80).

Одна из нежелательных особенностей триода состоит в том, что сетка и анод взаимодействуют между собой как пластины конденсатора, что мешает нормальной работе лампы. Введением второй сетки, называемой экранирующей, можно полностью исключить емкостной эффект управляющей сетки и анода (рис. VI.81). Ценность этого результата, однако, несколько снижается из-за явления, называемого вторичной эмиссией.

Поток электронов, идущих с катода к аноду, называется первичной эмиссией. Иногда эти электроны ударяются об анод с такой силой, что выбивают из него другие электроны. Поток электронов, движущихся в направлении от анода, называется вторичной эмиссией. Так как экранирующая сетка имеет положительный заряд, она притягивает к себе некоторые электроны, выле-

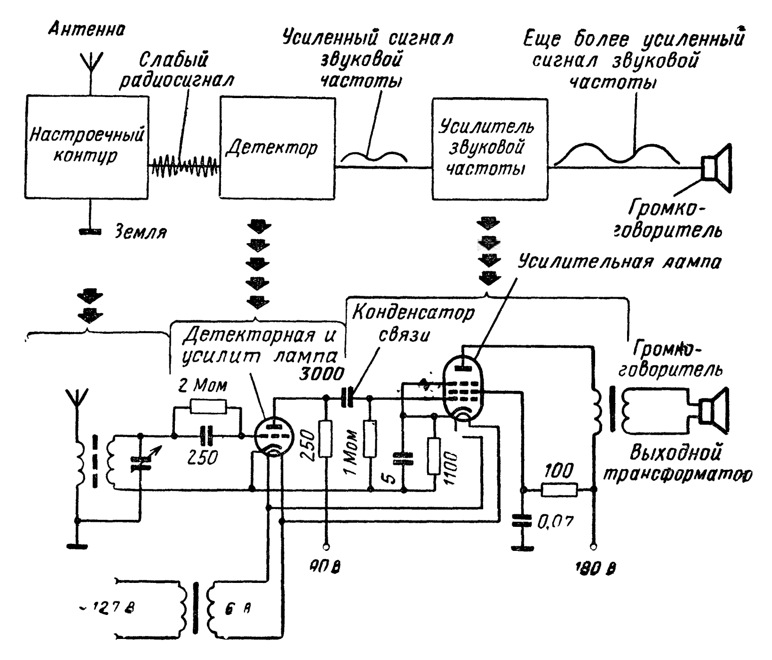


Рис. VI.79. Блок-схема и принципиальная схемы приемника поясняют принцип действия его органа настройки, детектора и усилителя.

тевшие из анода. Вследствие этого поток электронов в анодной цепи уменьшается. Введение еще одной сетки, получившей название защитной, позволяет устранить нежелательные эффекты, вызываемые вторичной эмиссией. Так как защитную сетку соединяют с катодом, сообщающим ей отрицательный заряд, эта сетка препятствует попаданию электронов с анода на экранирующую сетку. Лампа, имеющая все три сетки, работает весьма стабильно и способна усиливать сигнал во много раз.

Выше отмечалось, как изменяющееся напряжение на сетке лампы вызывает изменение тока в ее анодной цепи. В усилителе с резистивно-емкостной связью изменяющийся ток проходит через резистор, называемый анодной нагрузкой (рис. VI.82). Ток создает на этом резисторе падение напряжения. Реактивное сопротивление конденсатора связи настолько мало, что бóльшая часть

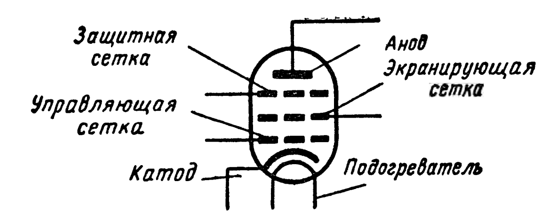


Рис. VI.80. Пять электродов пентода.

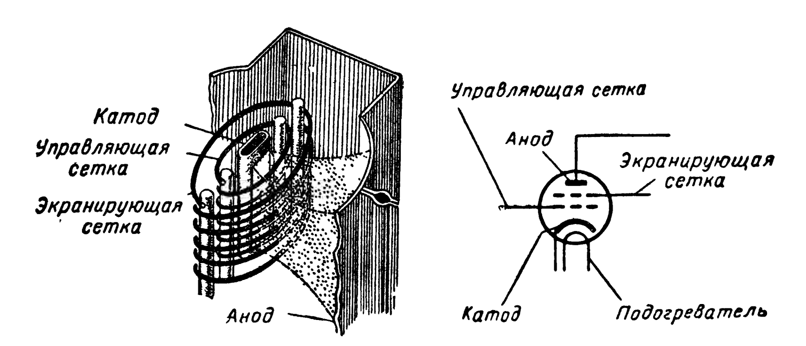


Рис. VI.81. В тетроде имеется четыре электрода.

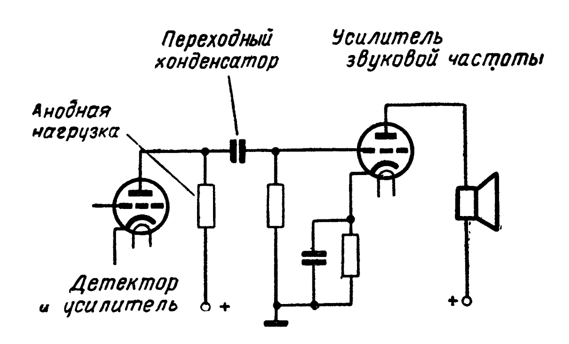


Рис. VI.82. В усилителе с резистивно-емкостной связью для связи детектора с усилителем звуковой частоты используется постоянный конденсатор. Изменение потока электронов в анодной цепи детекторной лампы вызывает изменение потока электронов к переходному конденсатору. Сигнал на сетку усилительной лампы поступает через этот конденсатор связи.

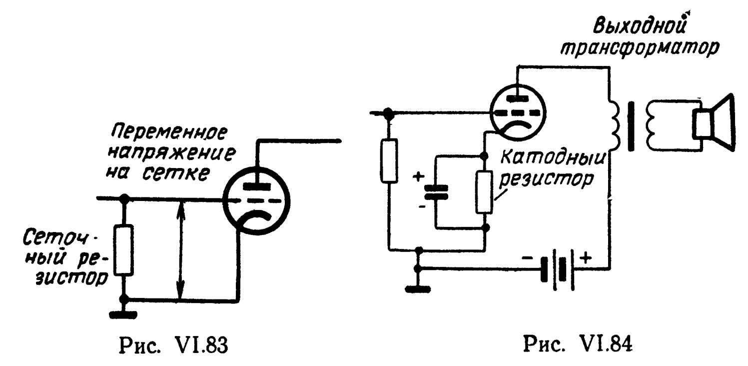


Рис. VI.83 Рис. VI.84

Рис. VI.83. Сеточный резистор включен параллельно участку сетка — катод.

Рис. VI.84. Использование резистора и конденсатора в цепи катода для подачи небольшого отрицательного напряжения на сетку усилительной лампы.

падения напряжения приходится на резистор утечки сетки. Поскольку сетка и сеточный резистор (рис. VI.83) соединены, изменение напряжения на сеточном резисторе вызовет изменение напряжения на сетке, которое в свою очередь приводит к изменениям тока в выходной цепи лампы.

Предотвращение искажений сигнала. Сигнал, поступающий с детектора, может создавать большой ток в цепи сетки усилительной лампы. При таких больших изменениях сигнала на сетке анодный ток может возрасти настолько, что он уже не будет точно повторять сигнал, подаваемый на сетку. Громкоговоритель не сможет воспроизвести верный сигнал, и будут иметь место искажения. Чтобы не допустить искажений сигнала, надо подать на сетку лампы отрицательное напряжение смещения. Для этой цели используются резистор в цепи катода, называемый катодным резистором, и соединенный параллельно с ним конденсатор (рис. VI.84). Катодный резистор создает при протекании тока небольшое отрицательное напряжение на сетке относительно катода, представляющее собой напряжение смещения сетки.



Во многих портатив-

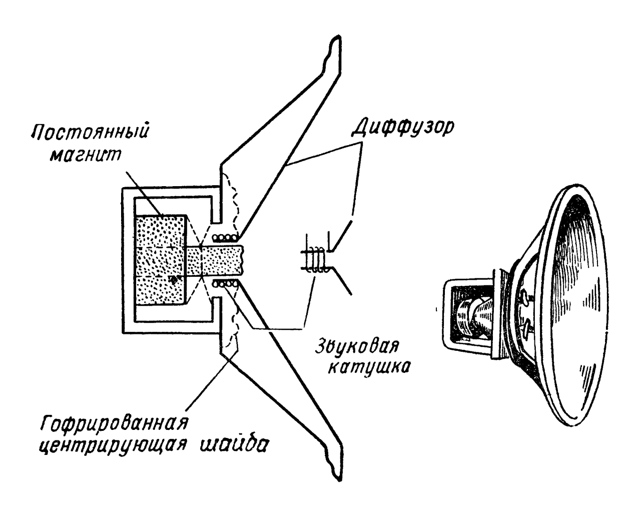


Рис. VI.85. Конструкция громкоговорителя электродинамической системы.

ных радиоприемниках напряжения смещения сеток ламп создаются с помощью батарей, но практически во всех приемниках с питанием от сети переменного тока для этого используется метод, известный под названием автоматического смещения. Если обратиться еще раз к схеме, показанной на рис. VI.84, то можно заметить, что весь ток, проходящий в анодной цепи, проходит также и через катодный резистор. Падение напряжения на катодном резисторе передается на сетку через резистор утечки сетки, связывающий ее с катодом. Это падение напряжения представляет собой напряжение смещения сетки. Метод, используемый для подачи напряжения смещения, известен как метод автоматического смещения, поскольку напряжение смещения создается током в анодной цепи лампы. Следует подчеркнуть, что наличие катодного резистора делает катод положительным только относительно сетки. Относительно анода катод по-прежнему остается отрицательным. Конденсатор, включенный параллельно катодному резистору, играет роль фильтра, свободно пропускающего составляющие переменного тока. Вследствие этого через катодный резистор проходит только составляющая постоянного тока и поддерживается постоянное напряжение смещения сетки относительно катода.

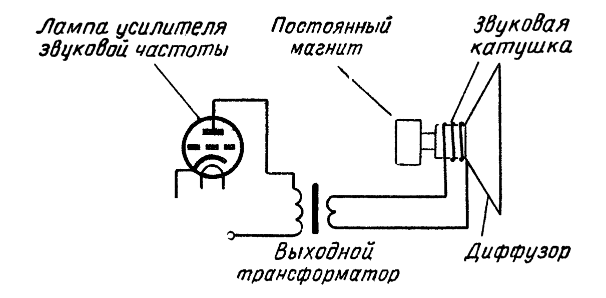


Рис. VI.86. Соединение выходного трансформатора с громкоговорителем электродинамической системы. Вторичная обмотка трансформатора соединена со звуковой катушкой; ток звуковой частоты, проходя через звуковую катушку, заставляет колебаться диффузор громкоговорителя и тем самым создает звуковые колебания.

Громкоговорители. Громкоговорители предназначены для того, чтобы радиоприемник можно было слушать на некотором расстоянии от него. Звуковые волны создаются конусным диффузором громкоговорителя. При движении конуса слои воздуха перед конусом и сзади него приходят в движение. Эти колебания воздушной среды и есть те звуковые волны, которые мы слышим.

На рис. VI.85 показан один из распространенных типов громкоговорителей — громкоговоритель с постоянным магнитом. Вблизи вершины конусного диффузора приклеена небольшая проволочная катушка, называемая звуковой катушкой. Она расположена так, что мо-

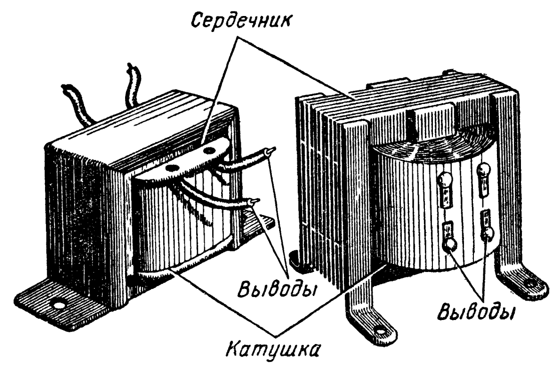


Рис. VI.87. Трансформаторы

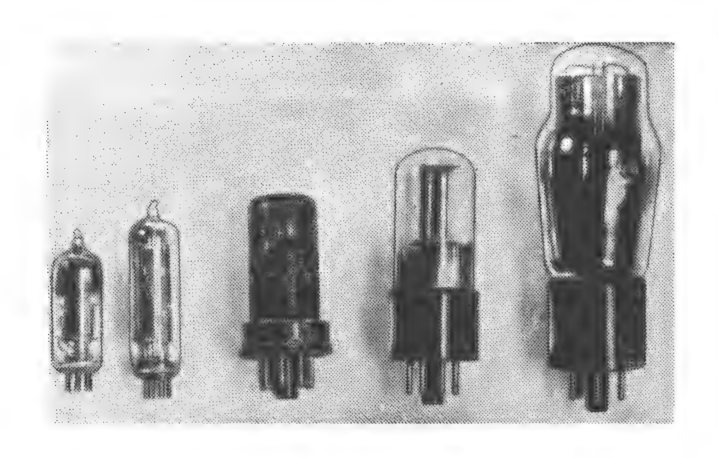


Рис. VI.88. Несколько видов электронных ламп.

жет свободно перемещаться в поле сильного магнита из сплава алнико. Связь между лампой и громкоговорителем осуществляется через трансформатор, называемый выходным (рис. VI.86). Сигналы звуковой частоты индуцируют во вторичной обмотке трансформатора напряжение, которое создает ток через звуковую катушку. Магнитное поле, создаваемое токами звуковой катушки, втягивает и выталкивает катушку из поля постоянного магнита. Вместе со звуковой катушкой движется и диффузор громкоговорителя.

Усилители звуковой частоты. Усилители звуковой частоты находят применение во многих областях техники. Они применяются, например, в переговорных устройствах, телефонных усилителях, в системах звукофикации помещений и для высококачественного воспроизведения музыки с магнитных и граммофонных записей. Для получения нужного уровня звучания в усилителях может использоваться несколько электронных ламп.

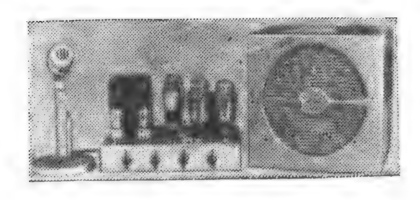


Рис. VI.89. Микрофон, усилитель и громкоговоритель составляют комплект, который можно использовать для звукоусиления.

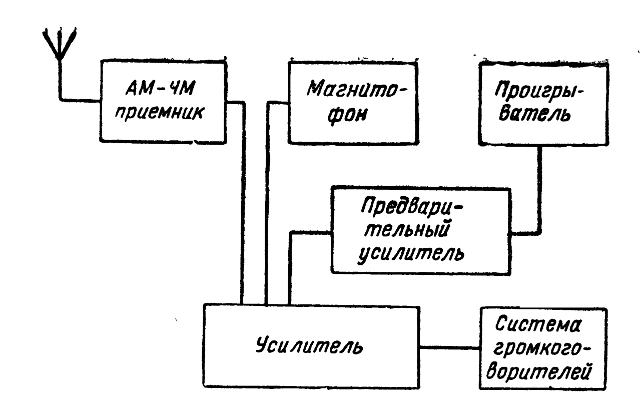


Рис. VI.90. Блок-схема системы высококачественного воспроизведения звука.

Усилители с высоким качеством звучания. Диапазон слышимых звуковых частот простирается от 20 до 20 000 *гц*. Для получения высокого качества звучания может потребоваться усилительная аппаратура, способная без искажений воспроизводить звуки во всем диапазоне звуковых частот. Как видно из блок-схемы рис. VI.90, система высококачественного воспроизведения может состоять из ряда отдельных блоков. Так как выходные характеристики системы определяются характеристиками входящих в нее блоков, эти блоки должны обладать достаточно широкополосными частотными характеристиками.

Радиоприемники в таких системах обычно могут принимать как амплитудно-модулированные, так и частотно-модулированные сигналы. Запись на магнитную ленту часто производится либо непосредственно с блоков приемника, либо через микрофон. Используются пьезоэлектрические, керамические или же динамические микрофоны. Мы уже познакомились с тем, как работает пьезоэлектрический микрофон. По принципу действия керамический микрофон похож на пьезоэлектрический. Механические напряжения, возникающие в керамическом материале под действием звуковых волн, вызывают появление электрического напряжения на зажимах микрофона. Поперечный разрез динамического микрофона показан на рис VI.91. Подвижная катушка присоединена к диафрагме микрофона. Звуковые волны, падающие на диафрагму, заставляют ка-

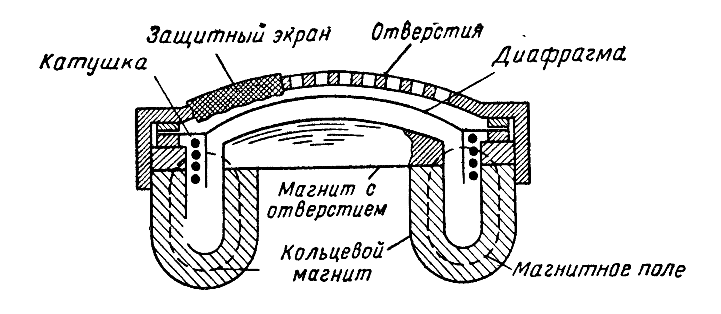


Рис. VI.91. Разрез динамического микрофона.

тушку двигаться в магнитном поле. При этом в катушке индуцируется ток, который через соответствующее устройство связи поступает на вход усилителя.

Блок-схема магнитофона дана на рис. VI.92. Используемая в магнитофоне лента состоит из тонкой пластиковой основы, покрытой магнитными частицами малых размеров. Лента пропускается перед полюсами электромагнита, который называется головкой записи и присоединен к усилителю. В ненамагниченном состоянии магнитные частицы на ленте ориентированы случайным образом. Когда на головку записи поступает сигнал с усилителя, магнитные частицы ориентируются в направлении движения ленты и намагничиваются в различной степени звуковым сигналом усилителя. На-

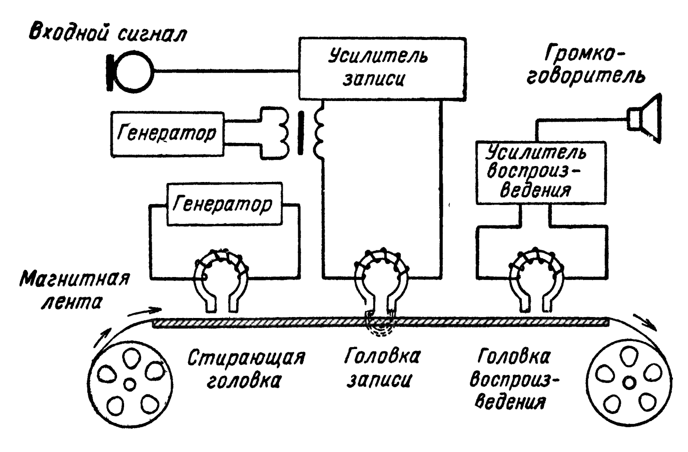


Рис. VI.92. Блок-схема магнитофона.

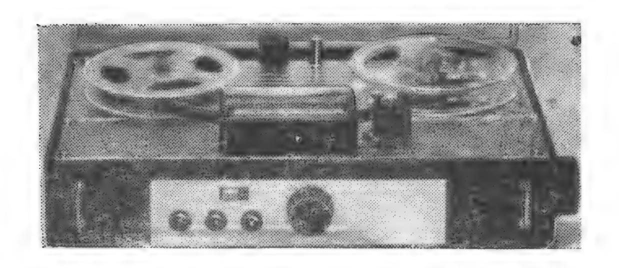


Рис. VI.93. Магнитофон с питанием от батарей, используемый главным образом для записи речи. Так как он предназначен в основном для записи речи, его частотный диапазон ограничен. На переднем плане линейка длиной 15 *см* дает представление о размерах этого магнитофона.

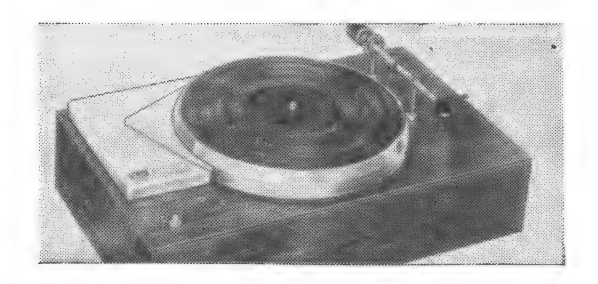


Рис. VI.94. Электропроигрыватель для высококачественного звуковоспроизведения.

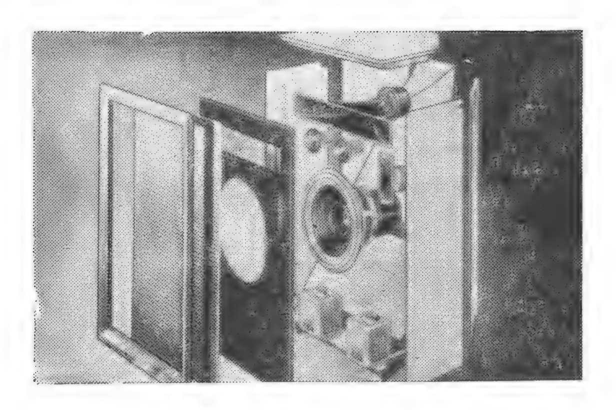


Рис. VI.95. Агрегат громкоговорителей для высококачественного воспроизведения (в раскрытом виде). Показано расположение высокочастотных, среднечастотных и басовых громкоговорителей. Цепи распределения размещены в нижней части агрегата.

пряжение, подаваемое на головку записи со специального генератора, позволяет уменьшить искажения записи и шумы магнитной ленты.

В высококачественных магнитофонах для воспроизведения обычно используется головка, по своей конструкции аналогичная головке для записи, но работающая по-иному. При записи записывающая головка намагничивает магнитную ленту под действием сигналов звуковой частоты, поступающих от усилителя. При воспроизведении имеет место обратный процесс. Когда намагниченная лента проходит перед головкой воспроизведения, в ней индуцируется сигнал. Этот сигнал усиливается далее точно так же, как усиливался записанный сигнал. В обычных магнитофонах используются отдельные головки для записи и воспроизведения, однако в миниатюрных магнитофонах, применяемых главным образом для записи речи, и запись, и воспроизведение осуществляются одной головкой. В магнитофонах имеется также стирающая головка, которая питается от высокочастотного генератора и служит для стирания ненужных записей путем размагничивания ленты.

Электропроигрыватели для высококачественного воспроизведения грамзаписей обычно могут работать со скоростями 16 ²/₃, 33 ¹/₃, 45 и 78 оборотов в минуту, причем изменения установленной скорости у них должны быть менее 0,2%. Звукосниматели, или адаптеры, для воспроизведения звука с грампластинок обычно содержат керамический, пьезоэлектрический или магнитный датчик, работающий так же, как в микрофонах соответствующего типа. Однако в отличие от микрофонов, воспринимающих звуковое давление на диафрагму, в звукоснимателе давление создается иглой, движу-

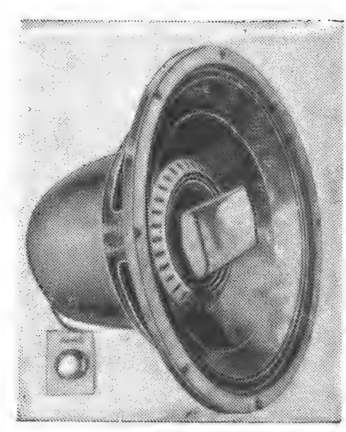


Рис. VI.96. Громкоговоритель, представляющий собой комбинацию из трех громкоговорителей.

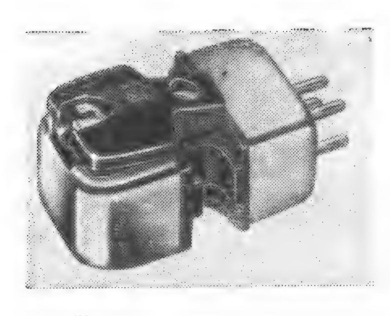


Рис. VI.97. Головка стереофонического звукоснимателя.

щейся по канавке грампластинки. Выходной сигнал звукоснимателя часто имеет недостаточно высокий уровень, и поэтому перед основным усилителем включают еще один усилитель, называемый предварительным.

Полоса звуковых частот, в которой громкоговоритель работает эффективно, в значительной степени определяется размерами и конструкцией его диффузора. Поскольку одним громкоговорителем не удается обеспечить удовлетворительное воспроизведение во всем звуковом диапазоне, в аппаратуре с высоким качеством воспроизведения используют одновременно три громкоговорителя, полосы воспроизводимых частот у которых перекрываются. Громкоговоритель, воспроизводящий высокие частоты, называют высокочастотным. Для воспроизведения низких частот служит басовый громкоговоритель. Специальный громкоговоритель имеется также для воспроизведения средних частот звукового диапазона. Для разделения звуковых частот между соответствующими громкоговорителями используются фильтры, содержащие конденсаторы, дроссели и резисторы. Три громкоговорителя могут быть совмещены в одной конструкции так, что громкоговорители меньших размеров размещаются внутри большего. Однако для высококачественного воспроизведения звука более предпочтительным считают использование раздельных громкоговорителей.

Ящик, в котором расположен громкоговоритель, имеет большое значение для работы громкоговорителя. В этом легко убедиться, проделав следующий опыт. Если держать в руках звучащий громкоговоритель, то мы услышим жесткое, как бы металлическое звучание. Стоит укрепить громкоговоритель в ящике с отверстием, как сразу же звучание станет более приятным. Назначение звукового экрана состоит в том, чтобы не допускать наложения звуковых волн, исходящих от передней и задней стенок диффузора громкоговорителя. Роль

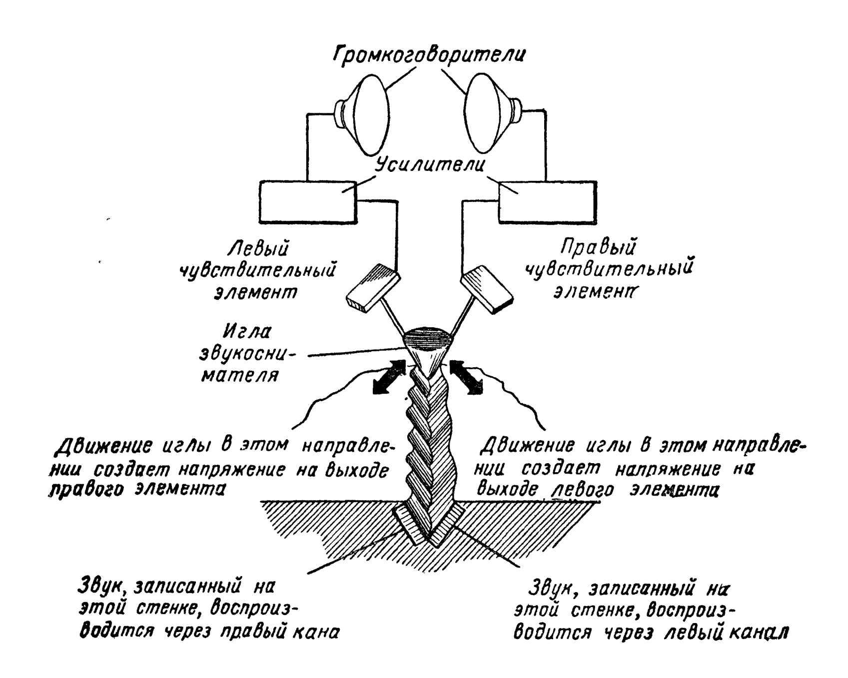


Рис. VI.98. Пояснение основных принципов воспроизведения стереофонической записи, сделанной на пластинке.

звукового экрана могут выполнять специальная перегородка или ящик.

Стереофоническое воспроизведение. В последнее время приобрела популярность область высококачественного воспроизведения звука, известного под названием стереофонического воспроизведения. Стереофоническая аппаратура воспроизводит звук так, что слушатель чувствует себя присутствующим непосредственно в студии или в концертном зале. Такое звуковоспроизведение нужно слушать обоими ушами. При этом используют аппаратуру бинаурального воспроизведения. Получение эффекта присутствия связано с тем, что звук от двух отдельных громкоговорителей достигает ушей слушателя в несколько различные моменты времени.

Магнитофоны со стереофоническим звучанием имеют сдвоенные головки для записи и для воспроизведения, что позволяет вести запись или воспроизведение сразу по двум дорожкам магнитной ленты. Головка звукосни-

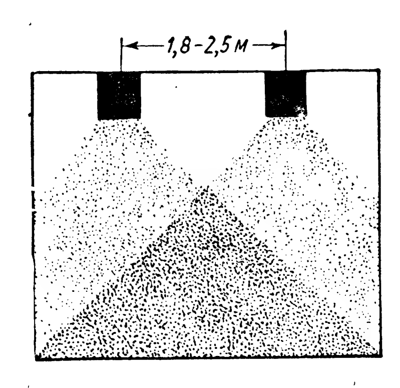


Рис. VI.99. Пара стереофонических громкоговорителей. Для полноты стереофонического эффекта расстояние между громкоговорителями должно составлять от 1,8 до 2,5 *м*, а слушатель должен находиться в темной зоне.

мателя стереофонического проигрывателя обычно имеет иглу, которая рассчитана для движения по V-образной канавке на пластинке. По обеим сторонам канавки имеются более мелкие канавки, вырезанные специальной режущей иглой при записи звука. Каждая из сторон V-образной канавки представляет собой отдельный канал звука. Выпускаемые стереофонические звукосниматели отличаются своими размерами и формой, но в большинстве из них за основу положен принцип, иллюстрируемый рис. VI.98.

При вращении пластинки игла звукоснимателя следует рельефу поверхности канавки. Игла работает так же, как и в обычных звукоснимателях. Движение иглы вызывает появление небольшого напряжения на пьезокристалле, керамическом или магнитном чувствительном элементе, которое затем поступает на усилитель. У стереофонических усилителей должны быть отдельные входы для усиления соответствующих сигналов двухдорожечных стереофонических магнитофонов и электропроигрывателей. Для стереофонического воспроизведения нужны отдельные громкоговорители. Наилучшие резуль-

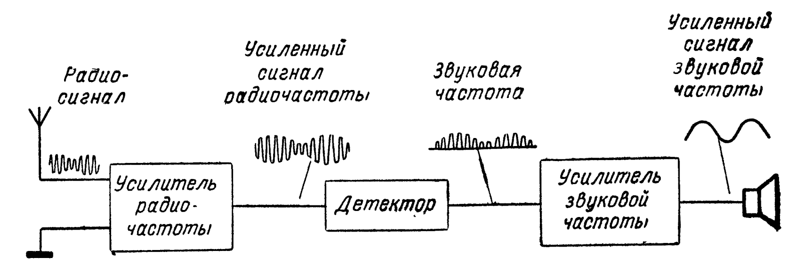
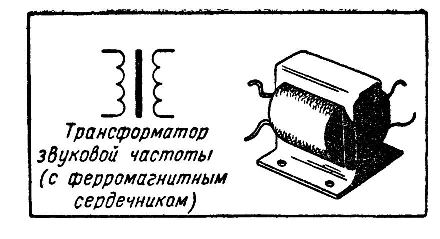


Рис. VI.100. Блок-схема, иллюстрирующая использование усилителя высокой частоты в радиоприемнике.



Условное обозначение трансформатора с ферромагнитным сердечником.

гаты достигаются, когда расстояние между громкоговорителями составляет 1,8—2,5 *м*.

Усилители радиочастоты. Чтобы усилить радиосигналы, прежде чем они достигнут детектора, используется усилитель радиочастоты. По принципу действия он очень похож на усилитель звуковой частоты и отличается лишь тем, что он усиливает высокочастотные радиосигналы, а не низкочастотные звуковые сигналы (рис. VI.100). Для связи усилителей высокой частоты между собой используют высокочастотные трансформаторы. Эти трансформаторы состоят из катушек с ферритовыми сердечниками или без них.

Одной из важных функций усилителей высокой частоты является улучшение избирательности радиоприемника. Каждый такой усилитель может иметь свой орган настройки, причем настройка обычно производится переменным конденсатором. Настройка усилителя позволяет лучше отделять сигналы соседних радиостанций. Когда мы улучшаем приемник так, что облегчается выделение сигналов нужной станции, говорят, что при этом улучшается избирательность приемника.

Обычно переменные конденсаторы соединяют вместе механически, что позволяет одновременно настраивать все каскады усилителя радиочастоты. Соединенные вместе конденсаторы называют блоком переменных конденсаторов.

ИНТЕРЕСНЫЕ САМОДЕЛКИ И ЗАДАНИЯ

Двухламповый радиоприемник

Необходимые материалы:

Антенная катушка	1
Переменный конденсатор 365 *пф* (C_1)	1
Постоянный конденсатор, слюдяной 250 *пф* (C_2)	1
Постоянный конденсатор 0,01 *мкф* (C_3)	1
Постоянный конденсатор 1 000 *пф* (C_4)	1
Электролитический конденсатор 25 *мкф*, 50 *в* (C_5)	1
Постоянный резистор 2 *Мом*, 0,5 *вт* (R_1)	1
Постоянный резистор 250 *ком*, 0,5 *вт* (R_2)	1

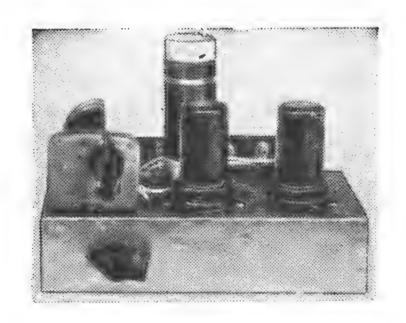


Рис. VI.101. Двухламповый радиоприемник.

Катушка обратной связи

R_5 C_3 Усилитель Громкоговоритель

3 5 8 2 7 R_1 C_2 C_1 R_2 C_4 R_3 R_4 C_5

Катушка настроечного контура

Выходной трансформатор

6,3 в 100 в 200 в

Принципиальная схема

38 86 162 38

ø 9,5

Приблизительное положение катушки

ø 6

50 25 29 25

Приблизительное положение переменного конденсатора

7 19 38

Отверстия для панелей ламп

162

Шасси

Рис. VI.102. Схема и шасси двухлампового радиоприемника.

Постоянный резистор 500 *ком*, 0,5 *вт* (R_3)	1
Постоянный резистор 3,3 *ком*, 1 *вт* (R_4)	1
Переменный резистор 10 *ком* (R_5)	1
Электронные лампы типа 6С5С	2
8-штырьковые ламповые панели	2
Ручки	2
Лист стали или алюминия 165×165 *мм* толщиной 0,95 *мм*	1
Резиновая кольцевая прокладка толщиной 6 *мм*	1
Резиновая кольцевая прокладка толщиной 9,5 *мм*	1
Полоска текстолита 3×25×150 *мм*	1
Зажимы	9

Разметьте и просверлите лист стали согласно рис. VI.102. Согните края листа под углом 90° вдоль пунктирных линий и установите ламповые панели. Прикрепите переменный конденсатор и антенную катушку в местах, показанных на рисунке. Установите резиновые прокладки в отверстия на горизонтальной панели. Закрепите переменный резистор в отверстии диаметром 9,5 *мм* в передней стенке шасси.

Смонтируйте контактные зажимы на куске текстолита и прикрепите всю контактную планку к задней стенке шасси. Сделайте у контактных зажимов метки так, чтобы два крайних контакта служили для подключения антенны и заземления, два контакта — для громкоговорителя, два — для источника напряжения 6,3 *в* для питания цепи накала, два — для подачи анодного напряжения и один — для подключения минуса анодного питания. Выполните монтаж и пайку приемника в соответствии со схемой. В этом приемнике используется такая же катушка, как и в одноламповом приемнике, описанном в § 26. Если вы не собирали тот радиоприемник, воспользуйтесь данными для него указаниями относительно соединения выводов катушки и наладки. Описанный здесь двухламповый радиоприемник может работать с источником питания, описанным в § 29.

Контрольные вопросы

1. Зачем нужны усилители звуковой частоты?

2. Какого типа трансформаторы используют в звуковом усилителе с трансформаторной связью?

3. Почему важно, чтобы электронная лампа усиливала радиосигналы без искажений?

4. В чем преимущества усилителя с резистивно-емкостной связью перед усилителем с трансформаторной связью?

5. Для чего служит звуковая катушка в громкоговорителе?
6. Для чего предназначен диффузор громкоговорителя?
7. Поясните схему связи громкоговорителя с электронной лампой.
8. Назовите несколько применений усилителей звуковой частоты.
9. Как называются электронные лампы, имеющие более трех электродов?
10. Каковы два основных назначения усилителя радиочастоты?

28. НАЧАЛЬНЫЕ СВЕДЕНИЯ О ТРАНЗИСТОРАХ

Транзистор. Подобно электронным лампам транзисторы можно использовать в качестве усилителей сигналов. В настоящее время они используются в радиоприемниках, телевизорах, слуховых аппаратах, счетчиках Гейгера, радиопередатчиках и во многих других схемах.

Транзистор имеет несколько преимуществ перед электронной лампой. Во-первых, его размеры очень малы и он занимает мало места. Во-вторых, для его работы не нужна такая большая мощность источника питания, как для работы электронной лампы. Транзисторные схемы могут долгое время работать от небольших батареек для карманного фонарика. В-третьих, в транзисторах отсутствует подогреватель, который в электронных лампах выделяет большое количество тепла. В-четвертых, транзистор выдерживает относительно большие механические нагрузки и вибрации и при этом не становится источником сильных шумов, как это иногда бывает с электронными лампами.

Полупроводники *n*-типа. Транзисторы делают из материалов, называемых полупроводниками. Полупроводник — это материал, который проводит электричество не столь хорошо, как металл, но лучше, чем диэлектрик. Существует целый ряд полупроводниковых материалов, из которых в производстве транзисторов наиболее часто используют германий и кремний. Для изготовления транзисторов нужны полупроводниковые материалы, обладающие особыми электрическими свойствами.

В самом чистом виде германий по своим свойствам очень похож на диэлектрик, так как в нем мало электронов, способных свободно перемещаться. Вводя в германий очень небольшие количества примесей, можно сделать его электропроводным. Введение в германий таких примесей, как сурьма или мышьяк, увеличивает в нем

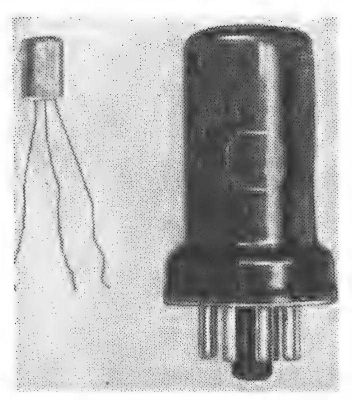
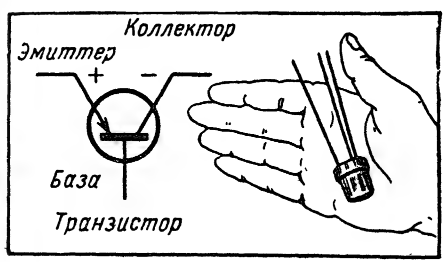


Рис. VI.103. Сравнение размеров транзистора и небольшой радиолампы.



Обозначение электродов транзистора.

число электронов, способных свободно перемещаться по кристаллу германия (рис. VI.104). Если в кристалле германия имеется избыток «свободных» электронов, то такой германий называют полупроводником *n*-типа.

Полупроводники *p*-типа. Вторым способом получения полупроводника из германия является добавление к нему алюминия или галлия. При этом в кристалле германия создается недостаток электронов. Такой полупроводник называют полупроводником *p*-типа. Недостаток электронов приводит к образованию в полупроводнике «дырки». Такая «дырка» может свободно двигаться в материале (рис. VI.106). Если к образцу полупроводника *p*-типа подключить батарею (рис. VI.106), то в цепи пойдет электрический ток. Край полупроводника, связанный с плюсом батареи, будет отталкивать дырки. Дырки, имеющие положительный заряд, будут двигаться к той части полупроводника, которая соединена с ми-

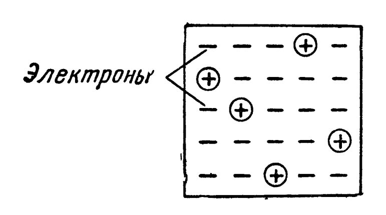


Рис. VI.104. В полупроводнике *n*-типа имеются свободные электроны.

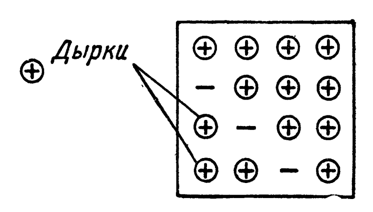


Рис. VI.105. В полупроводнике *p*-типа имеются свободные дырки.

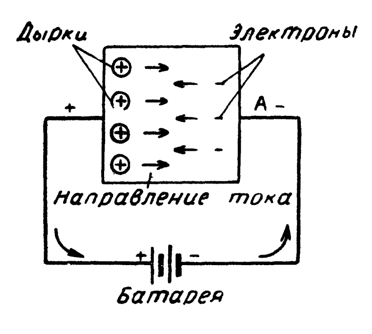


Рис. VI.106. Если к полупроводнику *p*-типа подсоединить батарею, через него потечет ток. Дырки будут двигаться к точке *A*, а электроны — в противоположном направлении.

нусом батареи. Электроны с отрицательного полюса батареи проходят к полупроводнику и в точке *A* объединяются с дырками. Когда дырка и электрон находят друг друга, они объединяются и взаимно нейтрализируются (рекомбинируют). Вслед за этим в материале *p*-типа генерируются новые дырки, которые также движутся к точке *A*. При образовании дырок в полупроводнике появляются свободные электроны, движущиеся к положительному полюсу батареи. Таким образом, через полупроводник проходит ток.

Образование *p-n* перехода. Если соединить вместе материалы *n*-типа и *p*-типа, как показано на рис. VI.107, то между ними образуется область, называемая *p-n* переходом. Если теперь подать напряжение так, чтобы отрицательный полюс батареи был соединен с полупроводником *n*-типа, а положительный — с полупроводником *p*-типа, то по цепи пойдет ток.

Положительные дырки будут отталкиваться в материале *p*-типа от положительного полюса батареи и будут двигаться к переходу. Аналогично в материале *n*-типа электроны будут отталкиваться от отрицательного полюса батареи и также будут двигаться к переходу. В области перехода дырки и электроны встречаются и рекомбинируют друг с другом. На смену рекомбинировавшим с дырками электронам в полупроводник *n*-типа из батареи поступают новые электроны. С другой стороны, в полупроводнике *p*-типа создаются новые дырки, которые приходят на смену дыркам, рекомбинировавшим в области перехода. При образовании новых дырок освобождаются электроны, приходящие к положительному полюсу батареи.

Таким образом, когда отрицательный полюс батареи соединен с материалом *n*-типа, а положительный — с материалом *p*-типа, по цепи идет ток. Ток в такой схеме

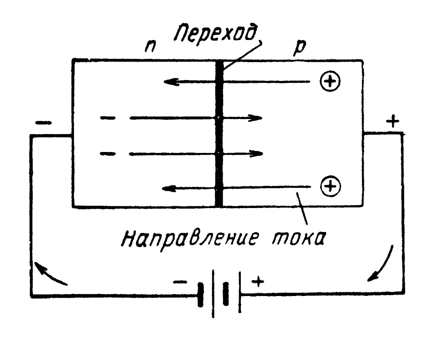


Рис. VI.107. Если присоединить отрицательный полюс батареи к материалу *n*-типа, а положительный полюс — к материалу *p*-типа, то через *p-n* переход пойдет ток.

называют током прямого направления или прямым током, а переход считают смещенным в прямом направлении.

Обратное смещение *p-n* перехода. Если изменить полярность батареи на обратную (рис. VI.108), то ток в цепи проходить почти не будет. Электроны в материале *n*-типа устремятся к положительному полюсу батареи, а дырки в материале *p*-типа — к отрицательному полюсу Поскольку и электроны и дырки удаляются от перехода, вероятность рекомбинации дырок и электронов очень мала. Практически ток в цепи отсутствует. Следовательно, когда на *p-n* переход напряжение подано так, что на материале *n*-типа имеется «плюс», а на материале *p*-типа — «минус», ток через *p-n* переход не проходит и говорят, что переход смещен в обратном направлении.

Детектирующие свойстви *p-n* перехода. *p-n* переход допускает прохождение тока только в одном направлении, после изменения полярности на переходе ток через *p-n* переход прекращается. Если к *p-n* переходу приложено напряжение переменного тока, то через переход будет проходить пульсирующий постоянный ток.

При знакомстве с детекторами радиоприемников мы узнали, что для преобразования радиосигналов в пульсирующий

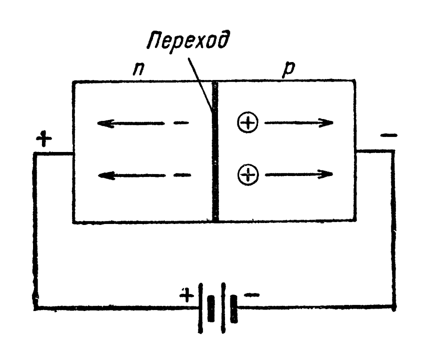


Рис. VI.108. Если к полупроводнику *n*-типа присоединить положительный полюс батареи, а к полупроводнику *p*-типа — отрицательный, то через *p-n* переход тока практически не будет

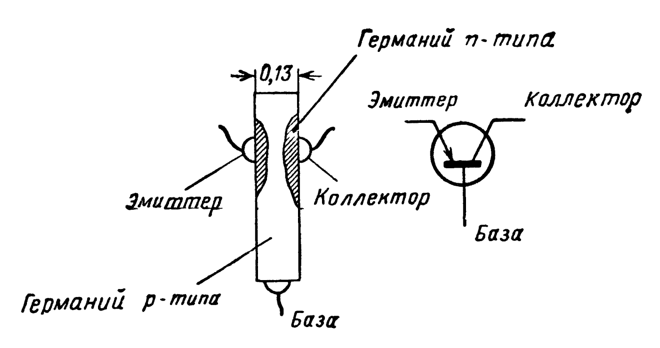


Рис. VI.109. Конструкция транзистора и его обозначение на схемах.

постоянный ток используются как кристаллы свинцового блеска (PbS), так и вакуумные диоды. Проходя через наушники, пульсирующий постоянный ток возбуждает звуковые колебания. Переход в полупроводниковом кристалле точно также, как вакуумный диод или кристалл свинцового блеска, может выполнять функции детектора радиоприемника. Во многих современных транзисторных радиоприемниках в качестве детекторов используются германиевые диоды.

Туннельный диод. К достижениям полупроводниковой техники относится создание туннельного диода, который благодаря своим малым размерам и необычным характеристикам может, как полагают, сыграть большую роль в новых электронных устройствах. В обычном плоскостном диоде переход, или барьер, между элементами *n*- и *p*-типа препятствует протеканию тока в обратном направлении. Однако если толщину барьера сделать всего 0,02 *мкм*, то уже при напряжениях, измеряемых долями вольта, электроны смогут пройти сквозь барьер, как через туннель. Одним из необычных свойств туннельного диода является то, что он может генерировать, переключать или усиливать колебания подобно транзистору или многоэлектродной лампе. Среди достоинств туннельных диодов отмечают также следующие:

1. Туннельные диоды способны выдерживать рабочие температуры до 340° С.

2. Электрические заряды движутся через туннельный диод со скоростью света, что делает его идеальным для применений на частотах свыше 2000 *Мгц*.

3. Небольшие размеры туннельного диода позволяют создавать миниатюрное электронное оборудование, примером которого может служить радиопередатчик размерами в пяти-, десятикопеечную монету.

Плоскостной транзистор. Плоскостные транзисторы содержат три слоя полупроводниковых материалов, образующих структуру, показанную на рис. VI.110. Такая трехслойная структура называется *n-p-n* переходом. Внешние слои представляют собой полупроводники *n*-типа, а средний — полупроводник *p*-типа. Средний слой *p*-типа называется базой. База имеет минимально возможную толщину, обычно меньше 0,025 *мм*. Слой материала *n*-типа с одной стороны базы называют эмиттером, а с другой стороны — коллектором. Соответственно выводы транзистора называют эмиттером, коллектором и базой.

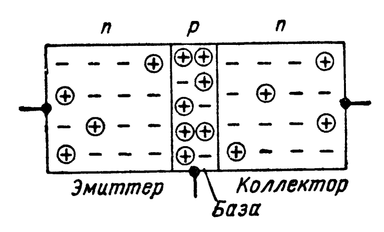


Рис. VI. 110. *n-p-n* транзистор состоит из эмиттера *n*-типа, коллектора *n*-типа и базы *p*-типа.

Транзистор второго типа, называемый *p-n-p* транзистором, отличается от *n-p-n* транзистора лишь тем, что база в нем делается из полупроводникового материала *n*-типа, а эмиттер и коллектор — из материала *p*-типа.

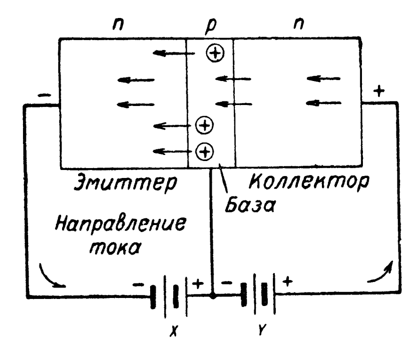


Рис. VI.111. Когда к эмиттеру, базе и коллектору *n-p-n* транзистора приложены соответствующие напряжения, через транзистор проходит ток.

Принцип действия *n-p-n* транзистора. Чтобы понять основные принципы работы транзистора рассмотрим схему, в которой к выводам транзистора присоединены внешние батареи, в результате чего через транзистор течет ток. Батарея, помеченная буквой *X* на рис. VI. 111, включена между эмиттером и базой. Так как материал *n*-типа при такой полярности включения

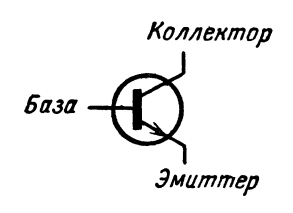


Рис. VI.112. Обозначение *n-p-n* транзистора. Стрелка эмиттера направлена от базы.

связан с отрицательным полюсом батареи, а материал *p*-типа — с положительным полюсом батареи, то переход смещен в прямом направлении и через него проходит ток.

Если батарея, помеченная буквой *Y* (рис. VI.111), включена между коллектором и базой так, что отрицательный полюс связан с коллектором, а положительный с базой, ток в этой цепи не идет.

Если коллектор соединить с положительным полюсом батареи *Y* (рис. VI.111), электроны, притягиваемые положительным зарядом коллектора, будут проходить сквозь базу и попадать на коллектор. Такое прохождение электронов сквозь базу возможно, потому что база имеет очень небольшую толщину.

Подача сигнала на эмиттер. Чтобы далее познакомиться с работой транзистора, подадим в цепь его эмиттера какой-либо сигнал. На схеме рис. VI.113 в цепь эмиттер — база включен микрофонный трансформатор. Когда кто-нибудь говорит в микрофон, во вторичной обмотке трансформатора идет меняющийся ток. На постоянный ток, создаваемый батареей в цепи эмиттера, теперь накладывается переменный сигнал. Так как переменный сигнал имеет то положительный, то отрицательный знак, напряжение в цепи либо увеличивается, либо уменьшается.

Когда сигнал положителен, он вычитается из напря-

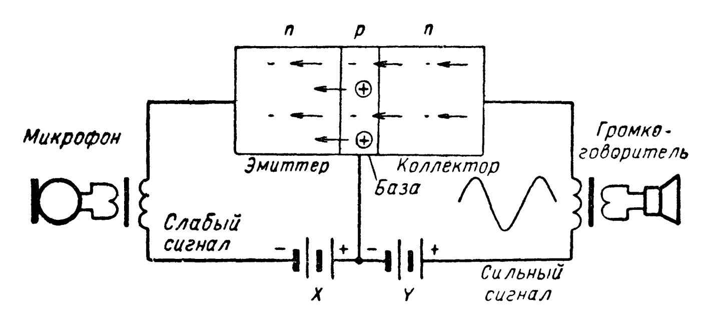


Рис. VI.113. Слабый сигнал, поданный в цепь эмиттера через микрофон, усиливается транзистором.

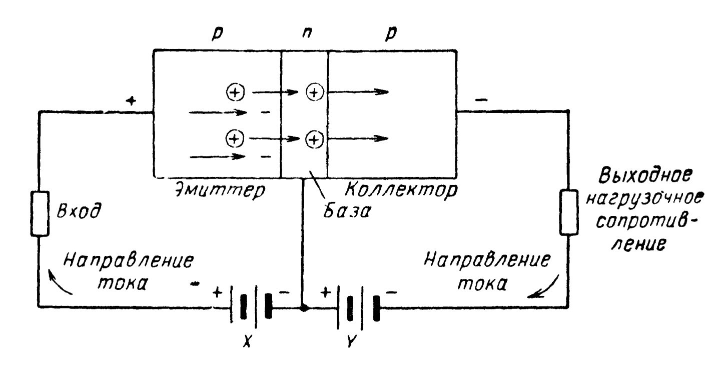


Рис. VI.114. В *p-n-p* транзисторе положительные дырки отталкиваются в эмиттере положительным зарядом, созданным батареей *X*. Через тонкую базу дырки проходят в коллектор, где они могут рекомбинировать с электронами, приходящими с отрицательного полюса батареи *Y*. Электроны в эмиттере притягиваются положительным полюсом батареи *X*, а в эмиттере образуются новые дырки.

жения батареи *X*, и поток электронов через эмиттер уменьшается. Ток, проходящий через выходной трансформатор, включенный в коллекторной цепи, также уменьшается, так как электроны с эмиттера проходят через базу и коллектор. Когда входной сигнал становится отрицательным, напряжение на эмиттере повышается, потому что отрицательный сигнал суммируется с напряжением батареи *X*. Увеличение тока эмиттера увеличит также ток через выходной трансформатор, включенный в цепи коллектора.

Отсюда следует, что сигнал, действующий в цепи эмиттера, вызывает появление подобного ему сигнала в цепи коллектора. Таким образом, эмиттер управляет током коллектора. Это управляющее действие напоминает управляющее действие сетки в электронной лампе.

P-n-p транзистор. *P-n-p* транзистор можно использовать в качестве усилителя точно так же,

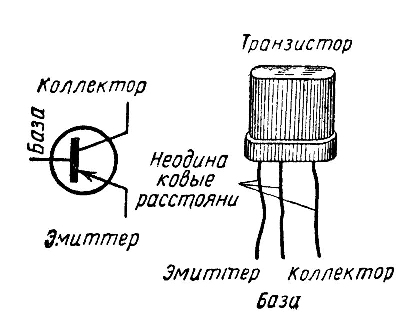


Рис. VI.115. Обозначение *p-n-p* транзистора. Стрелка у эмиттера направлена к базе.

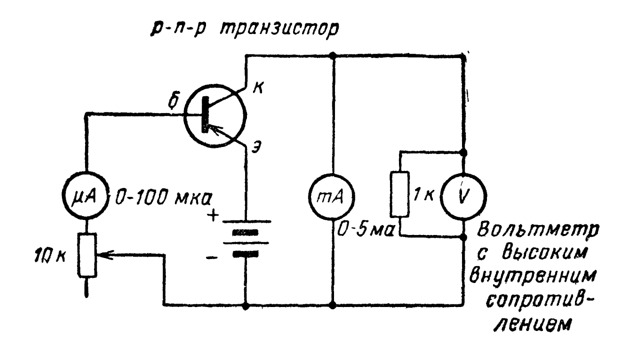


Рис. VI.116. Схема, поясняющая процесс усиления сигнала транзистором.

как и *n-p-n* транзистор. Полярности напряжений, подаваемых на *p-n-p* транзистор, противоположны полярностям, при которых работает *n-p-n* транзистор. Полярности напряжений, подаваемых на *p-n-p* транзистор, показаны на схеме рис. VI.114.

При использовании транзисторов в схеме очень важно знать, с каким типом транзистора мы имеем дело, *p-n-p* или *n-p-n*. При включении транзисторов в схему с неверно выбранной полярностью их можно легко повредить.

Усиление в транзисторе. Когда батарея создает в эмиттерной цепи смещение в прямом направлении, ток проходит почти беспрепятственно, т. е. сопротивление цепи очень мало. В цепь коллектор — база подается обратное смещение, так чтобы в этой цепи проходил очень малый ток. В цепи коллектор — база действует сравнительно высокое напряжение.

Когда в цепь эмиттера подается сигнал, через выходную цепь коллектора проходит ток. Этот ток будет проходить, даже если в цепи коллектора будет очень большое сопротивление. Любое малое изменение напряжения на эмиттере вызовет изменение тока в цепи коллектора. Этот измененный ток проходит через большой нагрузочный резистор в выходной цепи. Ток всего в несколько миллиампер может создать большое падение напряжения на этом резисторе. Транзистор является усилителем, потому что небольшое изменение напряжения на эмиттере вызывает большое изменение напряжения в цепи коллектора.

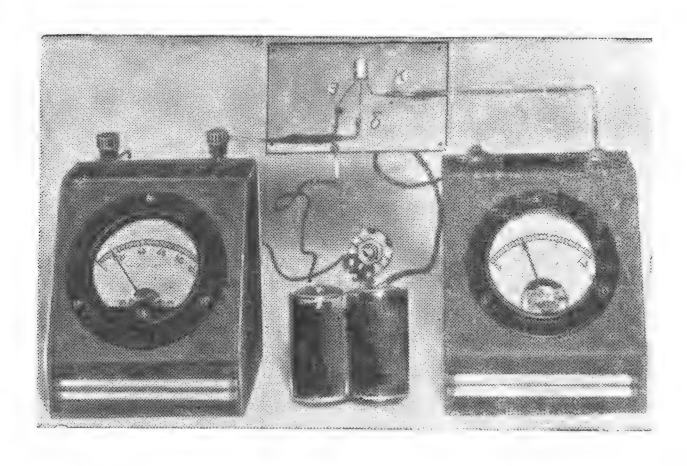


Рис. VI.117. Цепь база — эмиттер (слева) и цепь коллектор — эмиттер (справа) отрегулированы так, чтобы стрелки приборов находились на первой трети шкалы.

Способность транзистора усиливать можно продемонстрировать, собрав схему рис. VI.116. Для этой схемы надо иметь микроамперметр, миллиамперметр, транзистор, переменный резистор и пару батареек. Установите переменный резистор так, чтобы стрелки обоих приборов находились на первой трети шкалы, как показано на рис. VI.117. Поверните ручку переменного резистора так, чтобы показания обоих приборов увеличились. При этом нужно соблюдать осторожность, чтобы не превысить максимально допустимую величину тока в коллекторной цепи транзистора. В нашем примере новые показания приборов составляют 26 *мка* и 1 *ма* (рис. VI.118). Сравнивая их с показаниями приборов на рис. VI.117, видим, что изменение тока в цепи база — эмиттер на 11 *мка* вызвало изменение тока в цепи коллектор — база почти на 500 *мка*, или на 0,5 *ма*. Так как цепь база — эмиттер является входной, а цепь коллектор — база — выходной, то легко понять, что транзистор усиливает ток. Если в цепь коллектора вместо миллиамперметра включить резистор сопротивлением 1 000 *ом* и соединенный параллельно с ним вольтметр низкого напряжения, то в выходной цепи мы сможем наблюдать изменения напряжения, а не тока.

Транзисторы можно соединять вместе, чтобы повышать сигнал до нужного уровня. Имеются различные способы соединения транзисторов. Схема типичного

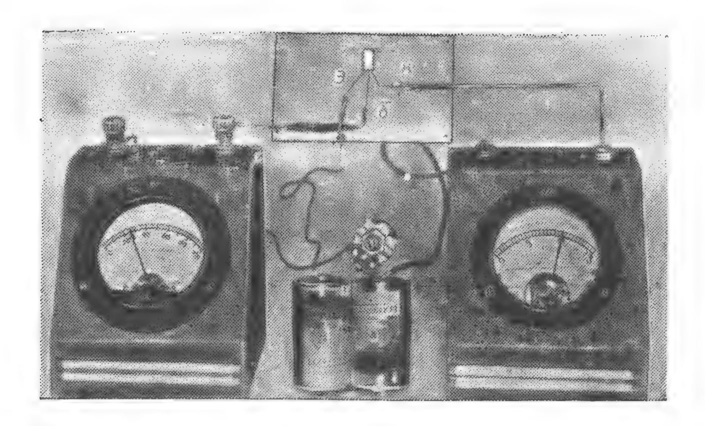


Рис. VI.118. При увеличении тока в цепи база — эмиттер на несколько микроампер ток в цепи коллектора увеличивается почти на 100%

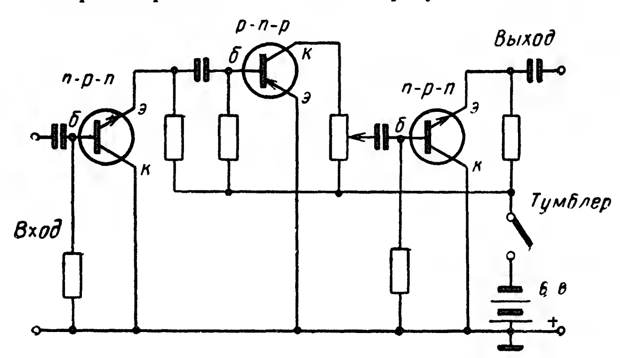


Рис. VI.119. Транзисторный усилитель звуковой частоты; в первом и третьем его каскадах транзисторы включены по схеме с общим коллектором, а во втором каскаде — по схеме с общим эмиттером.

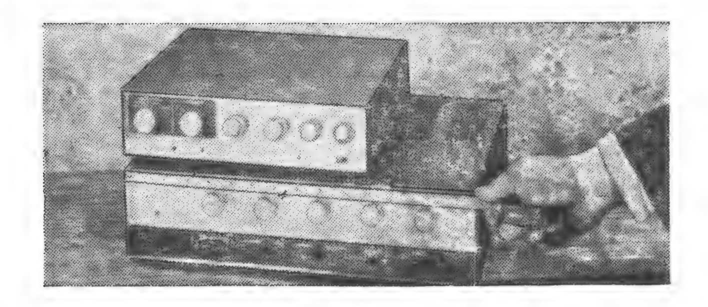


Рис. VI.120. Сравнение размеров стереофонического усилителя на электронных лампах и на транзисторах (вверху). Оба усилителя имеют одинаковые частотные характеристики и мощность на выходе 50 *вт*.

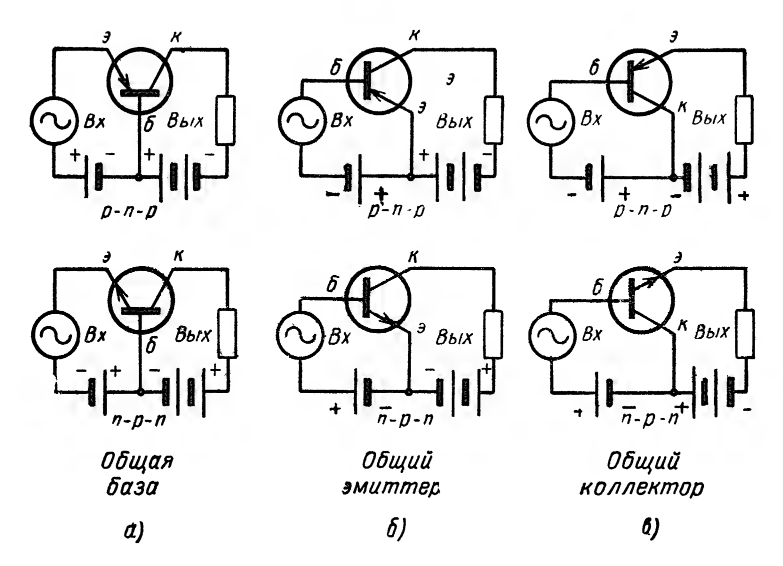


Рис. VI.121. Основные схемы транзисторных усилителей.

трехтранзисторного усилителя с резистивно-емкостной связью показана на рис. VI.119. В настоящее время выпускаются многотранзисторные усилители для установок высококачественного и стереофонического воспроизведения звука. По своей частотной характеристике и выходной мощности эти усилители не уступают усилителям на лампах и в то же время занимают значительно меньше места. На рис. VI.120 показаны для сравнения транзисторный и ламповый усилители.

Транзисторные схемы. Транзисторы можно включать в схемы тремя способами. Эти три вида схем на-

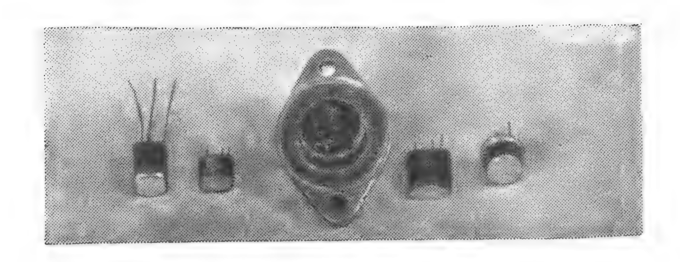


Рис. VI.122. Различные транзисторы, используемые в электронных схемах.

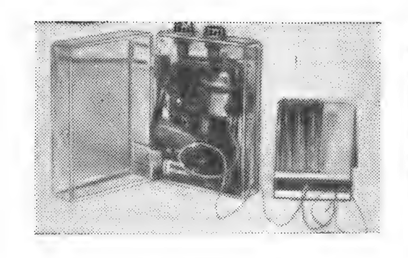


Рис. VI.123

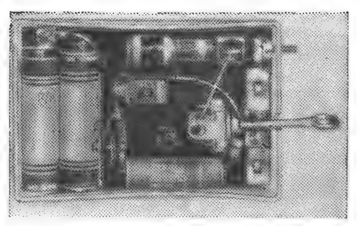


Рис. VI.124

Рис. VI.123. Транзисторный радиоприемник, собранный в небольшом пластмассовом корпусе.

Рис. VI.124. В качестве корпуса этого транзисторного радиоприемника использована мыльница. К конденсатору припаяна ручка, используемая для настройки приемника.

зываются схемами с общей базой, с общим эмиттером и с общим коллектором. В каждом из них один электрод является общим для входной и выходной цепи.

Основные способы включения транзистора в схемы показаны на рис. VI.121. Способ включения транзистора можно определить по тому, какой из электродов является общим для входного и выходного зажимов. Так, например, в схемах с общей базой (рис. VI.121, *а*) таким электродом служит база. Соответственно два других вида схем транзисторных усилителей, в которых общими для одного входного и одного выходного зажимов являются два других электрода, называются схемами с общим эмиттером и общим коллектором (рис. VI.121, *б* и *в*).

ИНТЕРЕСНЫЕ САМОДЕЛКИ И ЗАДАНИЯ

1. Транзисторный радиоприемник

Необходимые материалы:

Антенная катушка (см. текст)	1
Переменный конденсатор 365 *пф* (C_1), (см. текст)	1
Полупроводниковый диод Д2Е	1
Постоянный конденсатор 0,02 *мкф* (C_2)	1
Резистор 220 *ком*, 0,5 *вт* (R_1)	1
Транзистор МП39	1
Миниатюрные батарейки	2
Резистор 10 *ком*, 0,25 (R_2)	1
Конденсатор керамический 3 300 *пф* (C_3)	1

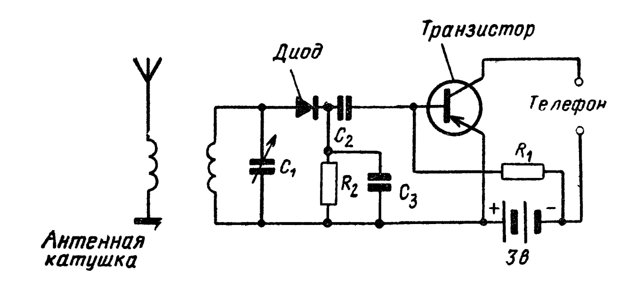


Рис. VI.125. Схема транзисторного радиоприемника.

Этот радиоприемник можно собрать, разместив указанные детали на деревянном основании и использовав детали, описанные в § 26, предназначенные для детекторного приемника. Если желательно сделать очень маленький приемник, который можно будет носить в кармане, то нужно достать миниатюрные детали. Использование миниатюрных деталей позволяет собрать весь радиоприемнк (по схеме рис. VI.125) в пластмассовой коробочке с размерами 25×50×75 *мм*.

Чтобы собрать приемник малых размеров, воспользуйтесь ферритовой антенной вместо антенной катушки, а вместо стандартного переменного конденсатора возьмите миниатюрный переменный конденсатор. Монтаж надо выполнить согласно схеме рис. VI.125. Если нежелательно присоединять наушники к приемнику пайкой, можно смонтировать для них специальные гнезда.

2. Бесщеточный электродвигатель постоянного тока

Необходимые материалы:

Катушка эмалированного провода для намотки электромагнитов, ⌀ 0,25—0,4 *мм* (см. текст)	1
Латунный пруток круглого сечения, ⌀ 1,6 *мм* длиной 90 *мм*	1
Небольшие постоянные магниты (см. текст)	2
Шар ⌀ 50 *мм* из пенопласта	1
Деревянная подставка 13×150×200 *мм*	1
Пластинка из пружинной латуни толщиной 0,51 *мм*, 8×45 *мм*	1
Пластинка из пружинной латуни 0,51 *мм* 8×16 *мм*	1
Пластинка листовой латуни толщиной 0,81 *мм* 13×19 *мм*	1
Транзистор МП35—МП38	1
Панелька для транзистора (необязательно)	1

Элемент для карманного фонаря 1,5 *в*		2
Переменный резистор 5 *ком*		1
Контактные зажимы		2

В данном электродвигателе отсутствуют щетки или коллектор. Роль переключателя здесь выполняет транзистор. Расположить детали можно так, как показано на рис. VI.127.

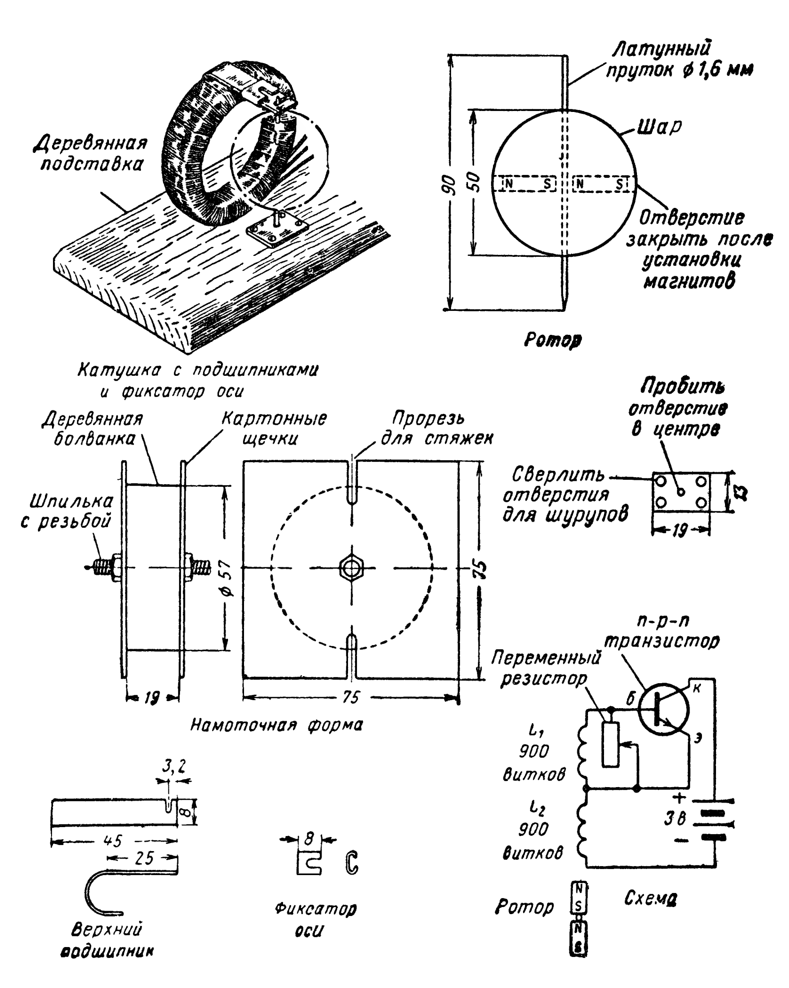


Рис. VI.126. Детали бесщеточного электродвигателя постоянного тока.

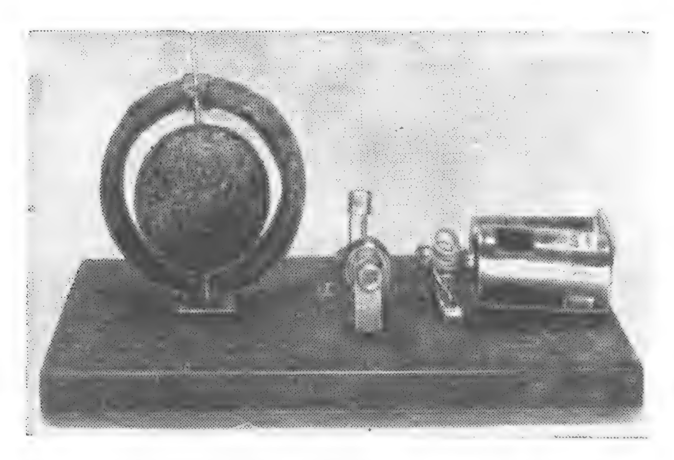


Рис. VI.127. Общий вид модели электродвигателя постоянного тока.

Изготовление электродвигателя надо начать с каркаса для намотки катушки (рис. VI.126). Прорези в щечках каркаса должны заходить немного в центральную деревянную болванку, так, чтобы можно было временно скрепить намотанную катушку двумя кусками проволоки. Намотайте вокруг деревянной болванки несколько слоев тонкого картона, а затем 900 витков провода для намотки электромагнитов. Годится провод любого диаметра: от 0,25 до 0,4 *мм*; поскольку количество провода в зависимости от его диаметра меняется, лучше наматывать провод непосредственно с катушки и не заниматься подсчетом его точной длины. После того как намотано 900 витков, сделайте петлю длиной около 200 *мм,* скрутите ее и намотайте еще 900 витков в том же самом направлении. Намотку можно производить, поместив каркас на ручную дрель или на токарный станок. Скрепите намотанную катушку проволочными стяжками и снимите ее с каркаса. Обмотайте катушку лентой и удалите проволочные стяжки. Просверлите в деревянной подставке отверстия для выводов катушки и приклейте катушку к подставке клеем.

Заточите один конец латунного прутка круглого сечения. Просверлите по диаметру шара-ротора отверстие диаметром 1,6 *мм*. Просверлите в шаре еще одно сквозное отверстие, расположенное перпендикулярно первому. Диаметр этого отверстия должен быть таким, чтобы

в нем поместились небольшие стержневые магниты. Магниты такого типа можно купить в магазинах. Просверлите по углам и пробейте в центре отверстия в пластинке латуни, предназначенной для нижнего подшипника Форма верхнего подшипника и фиксатора оси ротора показаны на чертеже рис. VI.126. Прижмите подшипник сверху к катушке, поместите шар-ротор на ось и установите нижний подшипник так, чтобы ротор вращался в центре катушки. После того как ротор будет правильно установлен относительно катушки, его нужно приклеить к латунной оси. Верхний подшипник также можно приклеить к катушке. Подвижный фиксатор удерживает ось ротора в нужном положении и вместе с тем позволяет легко снять ротор.

Установите на деревянной подставке переменный резистор, транзистор и контактные зажимы и соедините их в соответствии со схемой. Соединения с выводами транзистора можно осуществить непосредственно. Если желательно попробовать несколько различных транзисторов, лучше установить панельку для транзистора. На рис. VI.126 показана схема для *n-p-n* транзистора. В случае *p-n-p* транзистора полярность батареи надо поменять так, чтобы коллектор транзистора был связан с отрицательным полюсом батареи. Если полярность не изменить, транзистор может быть поврежден.

После окончания монтажа можно начать испытания электродвигателя. Во-первых, убедитесь в том, что ротор свободно вращается. Затем поставьте ручку переменного резистора в среднее положение и подсоедините батарейки. Подтолкните ротор, и он быстро наберет большую скорость.

Регулируя переменный резистор, можно найти его наилучшее положение.

В данном случае транзистор включен по схеме с общим эмиттером. Мы знаем, что для правильной работы такой схемы нужно подать напряжение смещения; изменение именно этого напряжения заставляет ротор вращаться.

Чтобы понять принцип действия электродвигателя, предположим, что северный полюс роторного магнита находится поблизости от катушки L_2 и что ток, проходящий по цепи коллектор — база и через катушку, имеет такое направление, при котором создаваемое им магнит-

ное поле притягивает магнит. Когда магнит приближается к катушке, он наводит в катушке L_1 напряжение, увеличивающее напряжение смещения между эмиттером и базой. Увеличенное напряжение смещения дает соответствующее возрастание тока коллектора, что, в свою очередь, увеличивает силу, притягивающую магнит (до того момента, пока северный полюс (С) роторного магнита не удалится от катушки).

Поскольку ротор продолжает вращаться, к катушке L_2 приближается южный полюс магнита. Изменение полярности напряжения, индуцируемого в катушке L_1, вызывает смещение противоположного знака. Ток коллектора уменьшается и запирает транзистор до тех пор, пока северный полюс магнита не приблизится снова к катушке L_1, где процесс начнет повторяться. Потенциометр служит для того, чтобы, регулируя напряжение смещения, получить максимальную скорость ротора.

Контрольные вопросы

1. Что означает термин «полупроводник»?
2. Объясните различие между полупроводником *n*-типа и *p*-типа.
3. Чем отличается свободная «дырка» от свободного электрона?
4. Как нужно подключить батарею к *p-n* переходу, чтобы через него проходил ток?
5. Где применяется диод?
6. Назовите три основные части транзистора.
7. Что происходит в коллекторной цепи транзисторной схемы, когда в цепь эмиттера подается сигнал переменного тока?
8. В чем основное различие между *n-p-n* и *p-n-p* транзисторами?
9. Почему очень важно следить за полярностью батареи при сборке транзисторных схем?
10. Назовите наиболее распространенные схемы включения транзисторов.

29. ИСТОЧНИКИ ПИТАНИЯ

Напряжение постоянного тока для радиоприемников. На аноды электронных ламп радиоприемников нужно подавать постоянное напряжение. В качестве источника постоянного тока можно использовать анодные батареи, однако по истечении определенного времени они нуждаются в замене. Большинство радиоприемников сделаны так, что их можно включать в обычную розетку

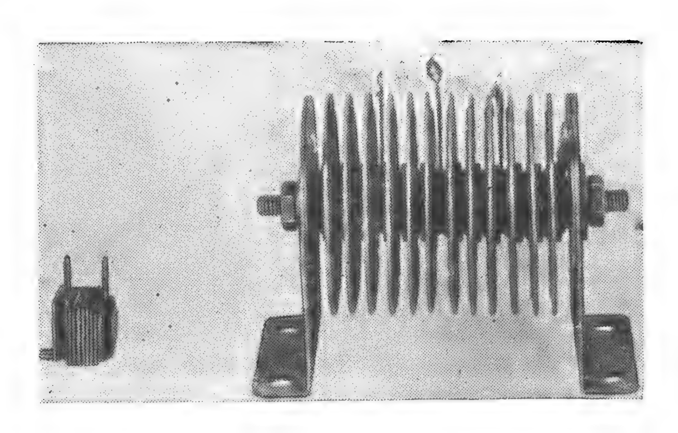


Рис. VI.128. Два селеновых выпрямителя разных размеров. Выпрямители преобразуют переменный ток в постоянный.

сети переменного тока. В блоке питания напряжение переменного тока преобразуется в постоянное напряжение. Для этой цели в блоках питания используются выпрямители.

Селеновые выпрямители. Селен — это химический элемент, благодаря которому ток в селеновом выпрямителе пропускается только в одном направлении. Когда переменный ток меняет направление, движение электронов через селеновый выпрямитель прекращается.

Селеновый выпрямитель (рис. VI. 128) изготовлен из набора стальных шайб, покрытых с одной стороны селеном. Шайбы собирают вместе так, что все они обращены покрытием в одну сторону.

На рис. VI.129 показано, как включается селеновый выпрямитель в схему с питанием от сети переменного тока. Поскольку такой выпрямитель пропускает ток только в одном направлении, через резистор проходит пульсирующий постоянный ток. Выпрямитель этого типа называется однополупериодным, так как он дает постоянный ток в течение половины периода переменного тока. В течение другой половины периода ток отсутствует.

Фильтрация пульсирующего постоянного тока. Пульсирующий постоянный ток, полученный на выходе выпрямителя, нельзя подавать на анод электронной лампы. Анодный ток менялся бы в этом случае с каждым импульсом питающего напряжения. От источника питания

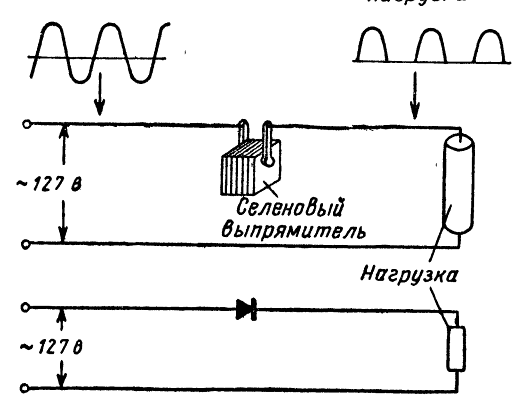


Рис. VI.129. Однополупериодная схема выпрямления на селеновом выпрямителе. Переменный ток преобразуется в пульсирующий постоянный ток. Ток проходит в течение половины каждого периода.

электронных ламп требуется, чтобы он давал неизменное постоянное напряжение.

Пульсирующий постоянный ток необходимо сгладить и сделать его практически постоянным. Для этой цели используется фильтр.

Фильтр состоит из двух постоянных конденсаторов и одного резистора, включенных по схеме рис. VI.130. Конденсаторы имеют емкость по 20 *мкф* или еще больше. При прохождении тока через фильтр конденсаторы заряжаются и накапливают большой заряд. Как только ток через выпрямитель прекращается, конденсаторы отдают накопленный заряд, создавая ток в нагрузке. Таким образом, конденсаторы помогают подавать в схему радиоприемника постоянный ток.

Кремниевые выпрямители. Одним из последних достижений в области полупроводниковых приборов является использование кремниевых диодов в качестве выпрямителей в источниках питания. Кремниевый диод состоит из *p-n* перехода, похожего на *p-n* переход транзистора. Материал *p*-типа образуется добавлением к кремнию небольшого количества алюминия, а материал *n*-типа — путем добавления к кремнию фосфора. Если

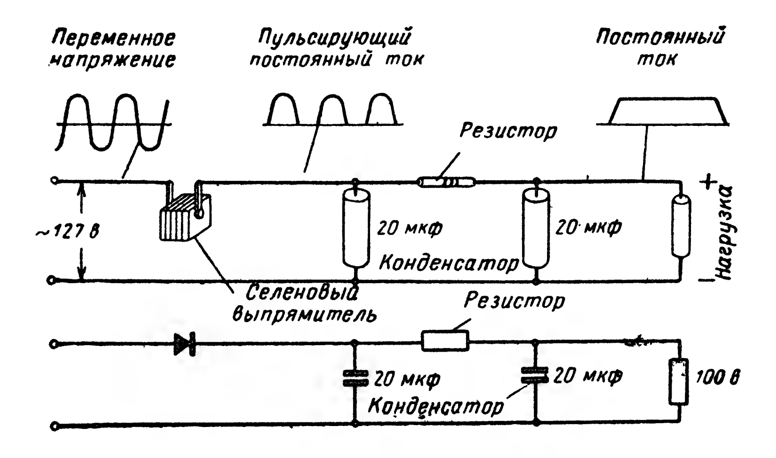


Рис. VI.130. Однополупериодный селеновый выпрямитель и схема фильтра. После фильтра, состоящего из конденсаторов и резистора, пульсирующий постоянный ток преобразуется в постоянный ток.

приложить к диоду напряжение переменного тока, то ток через диод пойдет в одном направлении и не будет проходить в противоположном.

Кремниевые выпрямители имеют много преимуществ перед выпрямителями других типов и благодаря этому широко используются. К преимуществам кремниевых выпрямителей относятся очень высокий коэффициент полезного действия и малые размеры. Кроме того, популярность кремниевых диодов как выпрямителей объясняется их способностью выпрямлять большие токи.

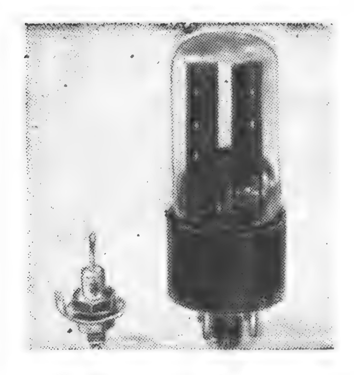


Рис. VI.131. Небольшой кремниевый выпрямитель слева и электронная лампа справа рассчитаны на одну и ту же величину тока.

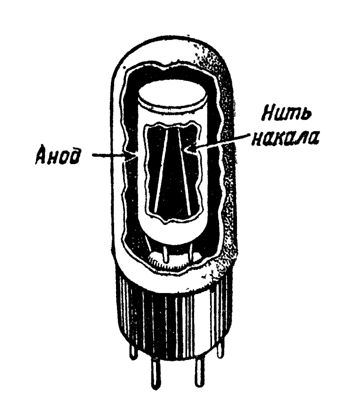


Рис. VI.132. Двухэлектродная электронная лампа.

Выпрямители на ламповых диодах. Двухэлектродные электронные лампы, называемые диодами (рис. VI. 132), используются в качестве однополупериодных выпрямителей. В диоде имеются прямонакальный катод и анод. Напряжение на выпрямитель, напряжение накала выпрямляющей лампы, а также напряжение накала для других ламп радиоприемника подается с силового трансформатора (рис. VI.133).

Во вторичной обмотке образуется переменное напряжение. Когда анод диода положителен, он притягивает к себе электроны, эмиттируемые катодом. Электроны проходят в лампе от катода к аноду и далее через обмотку трансформатора. К катоду они возвращаются через резистор нагрузки. Таким образом, катод является положительным полюсом источника питания, а вывод высоковольтной обмотки трансформатора — отрицательным полюсом.

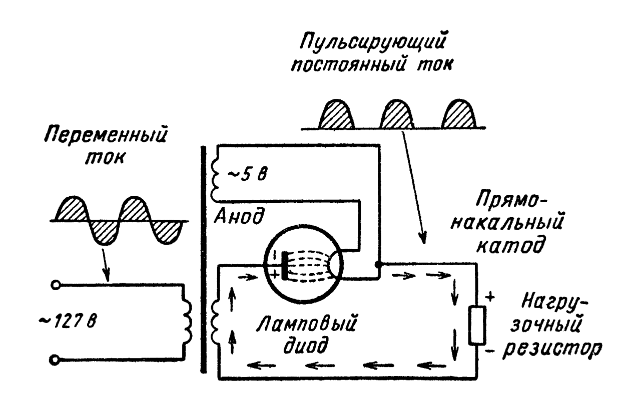
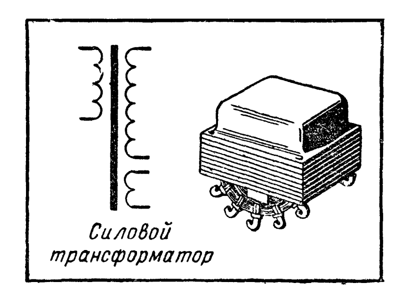


Рис. VI.133. Однополупериодный выпрямитель на ламповом диоде. Когда анод положителен, он притягивает к себе электроны с катода, и через лампу проходит ток. Когда анод отрицателен, ток через лампу отсутствует.



Условное обозначение силового трансформатора с двумя вторичными обмотками.

Когда полярность напряжения переменного тока меняется, анод становится отрицательным, и ток через лампу не проходит. Так как ток через лампу проходит только в течение половины периода, ток получается пульсирующим. Пульсирующий ток, полученный с помощью однополупериодного выпрямителя, нельзя без фильтрации использовать для питания цепей радиоприемника.

Двухполупериодные ламповые выпрямители. Пульсации тока, полученного с помощью однополупериодного выпрямителя, трудно сгладить, потому что в течение одного полупериода тока нет совсем. Фильтр должен обеспечить ток в то время, когда выпрямитель не работает. Часто используются выпрямители, которые выпрямляют оба полупериода переменного тока и тем самым создают более равномерный ток в нагрузке. Такие выпрямители называются двухполупериодными.

Электронная лампа для двухполупериодного выпрямителя представляет собой два диода, помещенные в один стеклянный баллон. Выпрямитель радиоприемника обычно должен давать анодное напряжение 250 *в* или выше. Высоковольтная вторичная обмотка трансформатора имеет отвод в средней точке. Каждая половина обмотки создает напряжение 250 *в*.

В двуханодной лампе, называемой кенотроном, имеется два анода и два прямонакальных катода. Один анод соединен с одним концом высоковольтной обмотки, а другой — с другим (рис. VI.134 и VI.135).

Когда анод *1* положителен, он притягивает электроны с катода и ток проходит через эту часть лампы Когда полярность напряжения переменного тока меняется, анод *1* становится отрицательным, а анод *2* — положительным. Теперь ток проходит через анод *2* из средней точки обмотки.

Через среднюю точку ток всегда проходит в одном и том же направлении. Импульсы постоянного тока в ре-

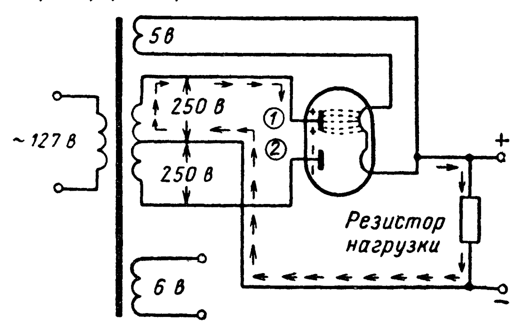


Рис. VI.134. Когда анод *1* положителен, анод *2* отрицателен. Электроны проходят с катода к аноду *1* и возвращаются через среднюю точку трансформатора.

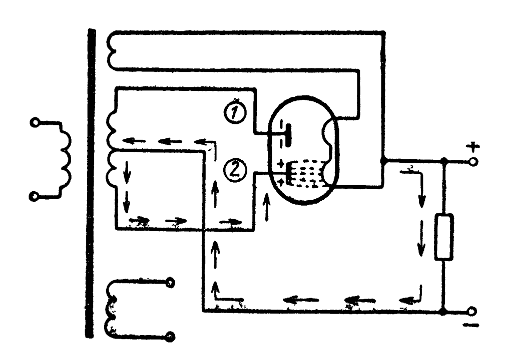


Рис. VI.135. Когда анод *2* положителен, электроны протекают через него и далее через среднюю точку трансформатора. Выпрямление тока происходит в течение обоих полупериодов переменного тока.

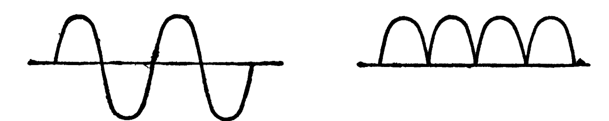


Рис. VI.136. Кривые напряжения на входе и выходе двухполупериодного выпрямителя.

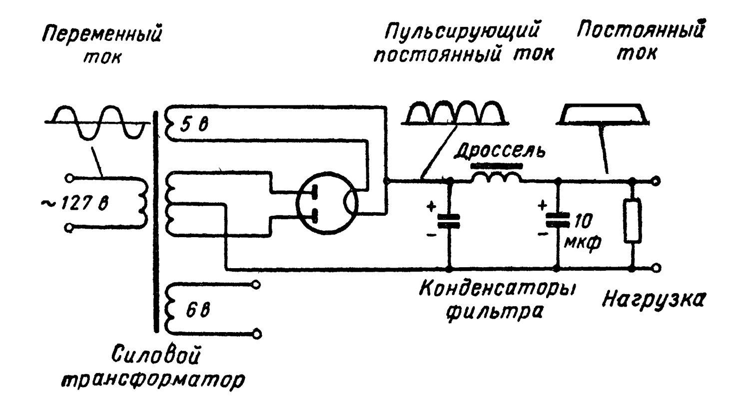


Рис. VI.137. Двухполупериодный выпрямитель с фильтром. Для фильтрации пульсирующего постоянного тока используется фильтр, состоящий из дросселя и двух конденсаторов.

зисторе нагрузки показаны на рис. VI.136. Ток течет почти все время, однако фильтрация по-прежнему необходима.

Фильтры с дросселем. Значительно лучшими качествами обладает фильтр, в котором вместо резистора используется дроссель, который похож на трансформатор с одной обмоткой. Он содержит много витков провода, намотанных на собранный из стальных пластин сердечник. Дроссель обладает лучшими качествами, чем резистор, потому что он обеспечивает лучшую фильтрацию и в меньшей степени снижает напряжение на выходе выпрямителя (рис. VI.137).

Дроссель стремится поддержать постоянство протекающего через него тока. Его можно сравнить с маховиком двигателя, который поддерживает постоянство скорости вращения. Дроссель способствует сглаживанию пульсирующего постоянного тока. Как любая другая катушка, дроссель представляет собой индуктивность. В источниках питания используются дроссели, имеющие индуктивность примерно от 4 до 30 *гн*.

Величины индуктивности и емкости элементов фильтра двухполупериодного выпрямителя обычно бывают меньше, чем у однополупериодного.

1. Источник питания с однополупериодным селеновым выпрямителем

Необходимые материалы:

Лист стали или алюминия толщиной 0,8 *мм*, 130×75 *мм*	1
Силовой трансформатор (*Тр*), первичное напряжение 127 *в*, вторичное 125 *в*, обмотка накала 6,3 *в*	1
Селеновый выпрямитель на 50 *ма* (или соответствующий диод)	1
Электролитический конденсатор 20 *мкф*, 150 *в* (C_1, C_2)	2
Резистор от 33 до 100 *ом*, 1 *вт* (R_1)	1
Резистор 10 *ком*, 5 *вт* (R_2)	1
Резистор 20 *ком*, 5 *вт* (R_3)	1
Тумблер (необязательно)	1
Контактная планка на 4 контакта	1
Кольцевая резиновая прокладка диаметром 9,5 *м*	1
Шнур питания с вилкой	1

Данный источник питания содержит меньшее число деталей и проще в изготовлении, чем блок питания с двухполупериодным выпрямителем. Его выходной мощности достаточно для питания любого из радиоприемников, описанных в предыдущих главах.

Разметьте лист стали в соответствии с рис. VI.139 и просверлите нужные отверстия. Согните лист с обоих концов по пунктиру на угол 90°. Вставьте в отверстие шасси резиновую прокладку диаметром 9,5 *мм*. Смонтируйте селеновый выпрямитель и силовой трансформатор в местах, указанных на рисунке. Отверстия для крепления трансформатора и выпрямителя надо просверлить в соответствии с монтажными отверстиями на этих деталях. Смонтируйте конденсаторы C_1 и C_2 и резисторы R_1, R_2 и R_3 с нижней стороны шасси и пропустите выводы от них через отверстие с резиновой прокладкой. Резистор R_1 служит только для защиты селенового выпрямителя от перенапряжений на конденсаторе и может иметь сопротивление от 33 до 100 *ом*.

Укрепите контактную планку и присоедините к ней выводы источника питания, как показано на схеме. Пометьте контакты так, чтобы известно было напряжение между каждой парой контактов. Включать напряжение сети в этом источнике питания можно либо непосредственно с помощью вилки, либо с помощью дополнитель-

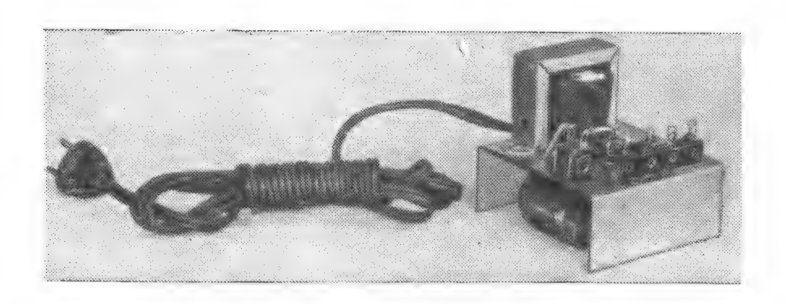


Рис. VI. 138. Однополупериодный селеновый выпрямитель для питания одно- и двухламповых приемников.

Выпрямитель
Тр
R_1
R_2
100 в
+
C_1
C_2
R_3
−
~127 в
6,3 в
СХЕМА

25
75
125
25
75
Приблизительное положение силового трансформатора
Приблизительное положение выпрямителя
Отверстие ∅9,5 для выводов конденсатора и резистора
ЧЕРТЕЖ ШАССИ

Рис. VI.139. Схема и шасси однополупериодного селенового выпрямителя.

ного тумблера. Для установки тумблера надо в боковой стенке шасси просверлить отверстие диаметром 9,5 *мм* и подсоединить тумблер между трансформатором и проводом, идущим к вилке (рис. VI.139). Подсоедините провод с вилкой к трансформатору. На этом изготовление выпрямителя заканчивается.

2. Двухполупериодный выпрямитель

Необходимые материалы:

Силовой трансформатор (*Тр*) (обмотка 450 *в*, 50 *ма*; обмотки 5 *в* и 6,3 *в*)	1
Дроссель 6 *гн*, 50 *ма*	1
Конденсатор электролитический 20 *мкф*, 450 *в* (C_1, C_2)	2
Конденсатор электролитический 5 *мкф*, 450 *в* (C_3)	1
Резистор 20 *ком*, 10 *вт*	2
Выпрямительная лампа (кенотрон) типа 5Ц4С	1
Ламповая панель	1
Тумблер однополюсный	1
Резиновая кольцевая прокладка ∅ 9,5 *мм*	1
Резиновая кольцевая прокладка ∅ 13 *мм*	1
Кусок текстолита 3×50×125 *мм*	1
Зажимы	5
Шнур питания с вилкой	1
Лист стали или алюминия толщиной 0,8 *мм* 150×180 *мм*	1

Разметьте лист стали в соответствии с рис. VI.142 и просверлите нужные отверстия. Согните края листа по пунктиру на угол 90°. Смонтируйте дроссель и силовой трансформатор в местах, показанных на рисунке. Установите тумблер в отверстие 9,5 *мм* в передней стенке шасси. Сделайте контактную планку из куска текстолита, укрепите контактные зажимы и прикрепите планку к задней стенке шасси. Установите с нижней стороны шасси электролитические конденсаторы и два резистора.

Выполните соединения между деталями, как показано на схеме. Два резистора, соединенные последовательно, служат для получения на выходе пониженного положительного напряжения и для поддержания постоянной величины напряжения на выходе выпрямителя, которое будет равно приблизительно 200 *в*. Поскольку последовательно включенные резисторы имеют одинаковые сопротивления, напряжение между точкой их соединения и отрицательной шиной будет приблизительно 100 *в*.

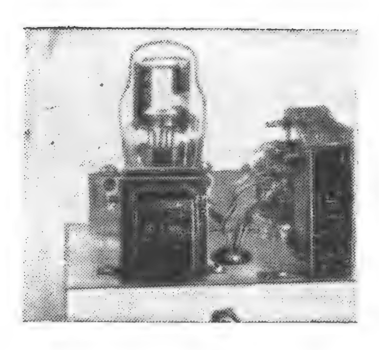


Рис. VI.140. Двухполупериодный выпрямитель, в котором используется силовой трансформатор и кенотрон.

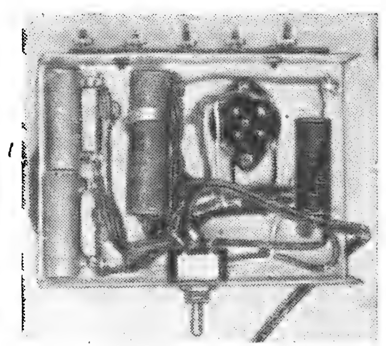


Рис. VI.141. Вид на монтаж выпрямителя с нижней стороны шасси.

Рис. VI.142. Схема и шасси двухполупериодного выпрямителя.

Сделайте на контактной планке метки, позволяющие легко различать выходные напряжения выпрямителя.

Контрольные вопросы

1. Почему для питания радиоприемников нужно напряжение постоянного тока?
2. Какое напряжение получается на выходе однополупериодного выпрямителя?
3. Каково назначение фильтра?
4. В чем заключается роль конденсатора в фильтре?
5. Почему в фильтрах используются электролитические конденсаторы?
6. Как называются электроды лампового диода?
7. Как называется выпрямитель, в котором используется только один диод?
8. Объясните преимущества двухполупериодного выпрямителя.
9. Сколько диодов нужно для двухполупериодного выпрямителя?
10. Для чего служит дроссель в фильтре?

30. ПЕРЕДАЧА РАДИОВОЛН

Радиосигналы. Выше мы познакомились с основными принципами приема радиосигналов. Перейдем теперь к вопросам, касающимся передачи радиоволн. Основными узлами передатчика являются генератор высокой частоты, источник питания и антенна. Как показано на схеме рис. VI.143, генератор высокой частоты связан с антенной, излучающей сигналы в пространство.

Частоты выше 15 *кгц* называют иногда радиочастотами из-за того, что они применяются для передачи радиосигналов.

Весь диапазон радиочастот делят на более узкие диапазоны, например, так:

Частота	Наименование
От 15 до 30 *кгц*	Сверхдлинные волны
От 30 до 300 *кгц*	Длинные волны
От 300 до 3000 *кгц*	Средние волны
От 3 до 30 *Мгц*	Короткие волны
От 30 до 300 *Мгц*	Метровые волны
От 300 до 3000 *Мгц*	Дециметровые волны
От 3000 до 30000 *Мгц*	Сантиметровые волны

По существу все радиосигналы служат для связи. Для переноса требуемой информации используются радиосигналы различного рода. Мы уже знаем, что для передачи звуковых частот используют амплитудную или частотную модуляцию. Еще одним способом передачи

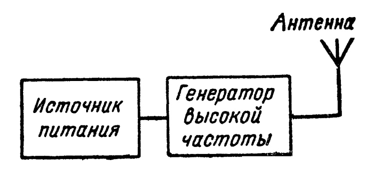


Рис. VI.143. Основными узлами передатчика являются источник питания, генератор высокой частоты и антенна.

информации является применение кода Морзе. Замыкания телеграфного ключа, осуществляемые через соответствующие интервалы времени, создают сигналы (рис. VI.144). Такие сигналы называют телеграфными. Телевизионные и фототелеграфные сигналы представляют собой другие виды сигналов, используемых для передачи информации.

Возбуждение колебаний. Основным назначением радиопередатчика является возбуждение колебаний радиочастоты с помощью генератора или автогенератора. Схема генератора содержит колебательный контур, образованный катушкой L и конденсатором C (рис. VI.145). Если зарядить конденсатор, то он будет разряжаться, создавая поток электронов, проходящих через катушку к положительно заряженной пластине конденсатора. Ток, проходя по катушке, создает вокруг нее магнитное поле. Когда поток электронов иссякает, магнитное поле катушки сжимается и в катушке возникает противо- э. д. с., перезаряжающая конденсатор с противоположной полярностью. Энергия снова запасается в конденсаторе, после чего повторяется цикл разряда через катушку индуктивности.

Движение электронов в LC-контуре то в одном, то в другом направлении свидетельствует о существовании в нем колебаний. Частота колебаний определяется величинами емкости и индуктивности. Как мы уже знаем, ее можно подсчитать по формуле

$$F = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}.$$

Колебания в LC-контуре продолжались бы бесконечно долго, если бы сопротивление в контуре равнялось ну-

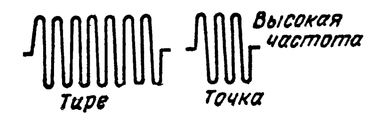


Рис. VI.144. Точки и тире, представляющие собой сигналы международного кода Морзе. Они получаются при прерывании незатухающих высокочастотных колебаний.

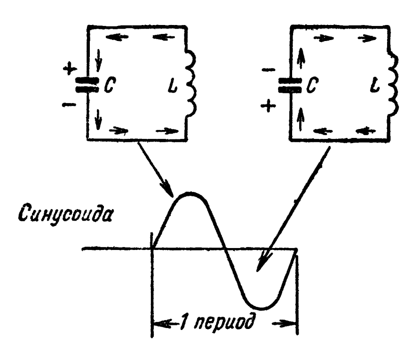


Рис. VI.145. В параллельном LC-контуре заряд и разряд конденсатора происходит по синусоидальному закону.

лю. Поскольку в каждом контуре имеется некоторое сопротивление, колебания быстро затухают, поэтому для поддержания колебания нужно использовать какое-либо дополнительное устройство.

Генератор с катушкой обратной связи. В схеме с положительной обратной связью (рис. VI.146) незатухающие колебания получаются с помощью электронной лампы. Через катушку обратной связи энергия снова подается в цепь сетки, и в LC-контуре возникают колебания. Этот LC-контур называют колебательным контуром.

При включении питания схемы анодный ток создает магнитное поле в катушке обратной связи (включенной в анодную цепь). Это магнитное поле возбуждает ток в сеточной катушке. Подача энергии из анодной цепи в сеточную приводит к возникновению генерации. Чтобы получить генерацию, важно правильно связать между собой анодную и сеточную катушки. Обратная связь должна по частоте и фазе соответствовать колебаниям, возникающим в цепи сетки. Если колебания в схеме не возбуждаются, нужно попробовать поменять местами выводы одной из катушек.

Очень важную роль в работе генератора играют конденсатор и резистор, включенные в цепи сетки. Они создают автоматическое смещение рабочей точ-

Рис. VI.146. Основная схема генератора с катушкой обратной связи. Частота колебаний определяется величинами L и C.

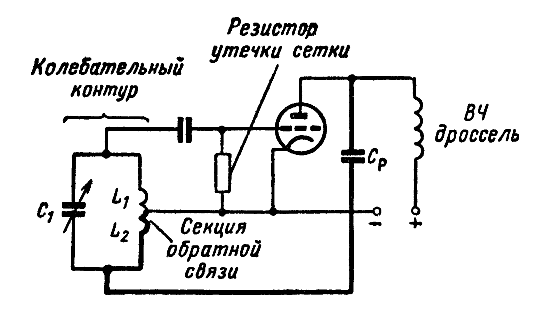


Рис. VI.147. Трехточечный генератор с индуктивной обратной связью. Обратная связь осуществляется за счет подачи энергии из анодной цепи в цепь сетки при помощи индуктивности. Цепь обратной связи выделена жирными линиями. L_1 и C_1 образуют контур генератора, а L_2 — часть катушки индуктивности, через которую осуществляется обратная связь с анода на сетку. $C_р$ — разделительный конденсатор, не допускающий попадания постоянной составляющей анодного напряжения на сетку.

ки электронной лампы и обеспечивают ее эффективную работу.

Трехточечный генератор с индуктивной обратной связью. Существует много различных схем генераторов на электронных лампах. В большинстве случаев они различаются способом подачи обратной связи. На рис. VI.147 показана схема трехточечного генератора с индуктивной обратной связью. От предыдущей схемы она отличается лишь тем, что в ней используется только одна катушка индуктивности, у которой имеется отвод, связанный с катодом. Частота колебаний, возбуждаемых в генераторе, определяется величинами L и C.

Следует помнить, что ток, проходящий в анодной цепи, проходит также и в цепи катода. Электроны, проходящие через анод, должны возвратиться к катоду через катодную часть катушки. Вследствие этого часть катушки, расположенная на рис. VI.147 ниже катодного отвода, возбуждает в цепи сетки ток и обеспечивает необходи-

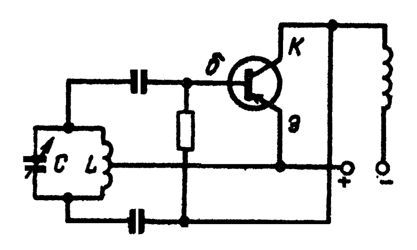


Рис. VI. 148. Трехточечный генератор с индуктивной обратной связью, выполненный на транзисторе



Рис. VI.149. Кристалл кварца размещается между двумя металлическими пластинками. Резонансная частота зависит от толщины кристалла. Толстые кристаллы имеют меньшую резонансную частоту, а тонкие — более высокую.

мую обратную связь. Вместо электронной лампы можно использовать транзистор. Схема трехточечного транзисторного генератора с индуктивной обратной связью показана на рис. VI.148. LC-контур остается без изменений. Напряжение коллектора, попадая на часть катушки контура, возбуждает в цепи базы ток, поддерживающий колебания в контуре.

Генератор с кварцевой стабилизацией частоты. Пьезоэлектрический эффект в кристаллах уже был описан в § 9. Мы узнали, что, если к противоположным граням кристалла приложить переменное напряжение, в нем установятся механические колебания. Когда частота напряжения совпадает с частотой механического резонанса, амплитуда колебаний становится очень большой. Такие кристаллы можно использовать в схемах автогенераторов. Они обеспечивают очень высокую стабильность частоты и очень желательны в схемах, где работа ведется только на одной частоте.

Тип среза кристалла кварца и толщина материала определяют частоту его механического резонанса, которая называется основной частотой. Кристалл кварца может иметь размеры около 10×10 *мм* и толщину менее 0,1 *мм*. Его помещают между двумя металлическими

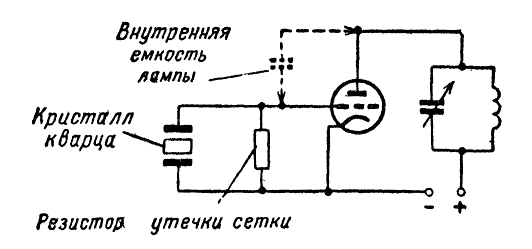


Рис. VI.150. Схема автогенератора с кварцевой стабилизацией частоты. Обратная связь осуществляется через межэлектродную емкость лампы.

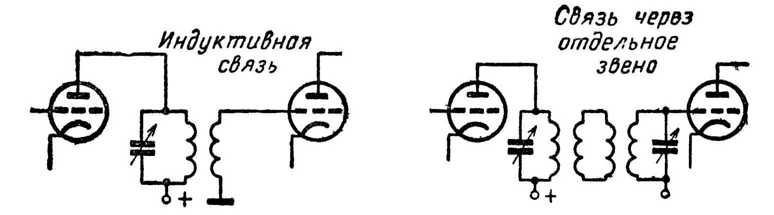


Рис. VI.151. На схеме слева показана индуктивная связь, в которой катушка индуктивности анодного контура генератора служит первичной обмоткой высокочастотного трансформатора, а катушка в цепи сетки усилителя — вторичной обмоткой этого трансформатора. На схеме справа для индуктивной связи используется специальное звено связи, что позволяет размещать усилитель на некотором расстоянии от генератора.

пластинками в кристаллодержателе (рис. VI.149). Пластинки, называемые электродами, касаются граней кристалла, что дает ему возможность свободно вибрировать. Каждая пластинка соединена с выводом, или штырьком, кристаллодержателя, благодаря чему на кристалл можно подать напряжение.

Схема генератора с кварцевой стабилизацией показана на рис. VI.150. Кристалл представляет собой колебательный контур, включенный в цепи сетки. Если анодный контур, состоящий из L и C, настроить на частоту колебаний кварца, то энергия из анодного контура подается обратно на сетку через межэлектродную емкость элементов лампы. Это объясняется тем, что емкость, существующая между анодом и сеткой, действует как конденсатор связи между анодом и сеткой. Эта емкость поэтому и называется межэлектродной емкостью лампы. Поскольку энергия из анодной цепи подается в цепь сетки на резонансной частоте кристалла, в кристалле

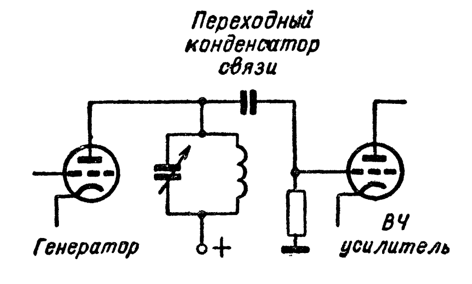


Рис. VI.152. При емкостной связи переходный конденсатор представляет собой цепь с малым сопротивлением для сигнала высокой частоты. Кроме того, он не допускает попадания постоянного напряжения с анода генератора на сетку усилителя.

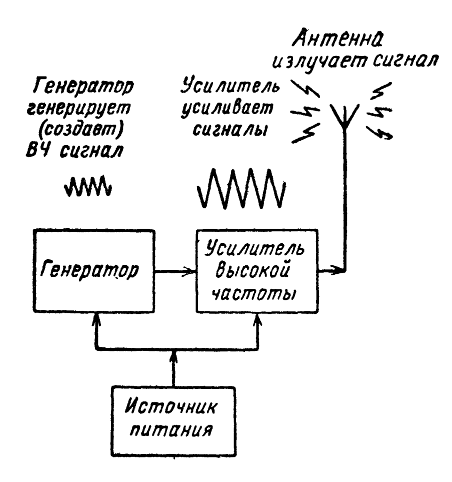


Рис. VI.153. Блок-схема передатчика, в котором между генератором и антенной используется усилитель высокой частоты.

возникают колебания. Благодаря кристаллу кварца автогенератор имеет очень высокую стабильность частоты.

Усилители высокой частоты. Автогенераторы обычно не обладают достаточной мощностью на выходе. Для усиления мощности колебаний, получаемых на выходе автогенератора, можно использовать усилители высокой частоты. Повышение мощности радиосигналов позволяет принимать их на более далеких расстояниях. Выход усилителя подсоединяется к передающей антенне. При необходимости усилитель может состоять из нескольких усилительных каскадов. Связь между генератором и усилителем высокой частоты бывает индуктивной (рис. VI.151) или емкостной (рис. VI.152).

Желательно, чтобы усилитель высокой частоты работал с хорошим коэффициентом полезного действия. Все усилители по своему режиму работы делятся на три класса. Это деление определяется условиями, в которых работает электронная лампа. В усилителях класса А напряжение смещения сетки выбирается так, что анодный ток проходит все время. Усилители класса А имеют очень хорошую частотную характеристику, и поэтому их используют в радиоприемниках и усилителях высококачественного воспроизведения. Усилитель класса В имеет такое напряжение смещения сетки, что в отсутствие сигнала на сетке через лампу проходит очень маленький ток. Усилители класса В отдают значительно бо́льшую мощность на выходе, чем усилители класса А, и используются в оконечных мощных усилителях во многих звукоусилительных системах.

Коэффициент полезного действия усилителя класса С может достигать 80%. В режиме класса С длитель-

ность протекания анодного тока лампы составляет менее половины периода колебаний высокой частоты. Поскольку ток от источника питания проходит через лампу только часть времени, коэффициент полезного действия лампы повышается. Другими словами, мощность в анодной цепи расходуется только на протяжении части периода колебаний.

Цепь сетки в усилителе класса С. Рассмотрение работы усилителя класса С следует начать с цепи сетки. Напряжение смещения подается на сетку лампы так, как показано на рис. VI. 154. Величина напряжения смещения обычно вдвое превышает напряжение отсечки. Это значит, что если анодный ток прекращается при напряжении смещения —20 *в* на сетке данной лампы, то для работы в режиме класса С напряжение смещения должно быть —40 *в*.

Пока сигнал на сетку не поступает, ток в анодной цепи не проходит. Соединим теперь генератор с усилителем так, чтобы сигнал генератора поступал на сетку. В нашей конкретной схеме связь генератора с усилителем осуществляется через конденсатор. Конденсатор должен иметь низкое реактивное сопротивление на частоте сигнала, поэтому часто используют конденсаторы большой емкости. Сигнал, поступающий с предыдущего усилителя или генератора, должен быть достаточно большим, чтобы преодолеть отрицательное напряжение смещения и сделать сетку положительной.

Высокочастотный дроссель имеет большое полное сопротивление для частоты сигнала и препятствует, следовательно, его «замыканию» на землю.

Когда сетка становится положительной, электроны, эмиттируемые катодом, идут к сетке, и в сеточной цепи начинает проходить ток. Этот ток можно обнаружить с помощью миллиамперметра, включенного в цепь сетки. На рис. VI.155 показаны напряжения и токи, действующие в усилителе класса С.

Анодная цепь в усилителе класса С. Анодная цепь усилителя, показанного на рис. VI.154, состоит из индуктивности и емкости, образующих колебательный контур, высокочастотного дросселя, шунтирующего конденсатора и источника анодного напряжения. Колебательный контур должен быть настроен в резонанс с поступающим на вход усилителя сигналом. Высокочастотный дроссель

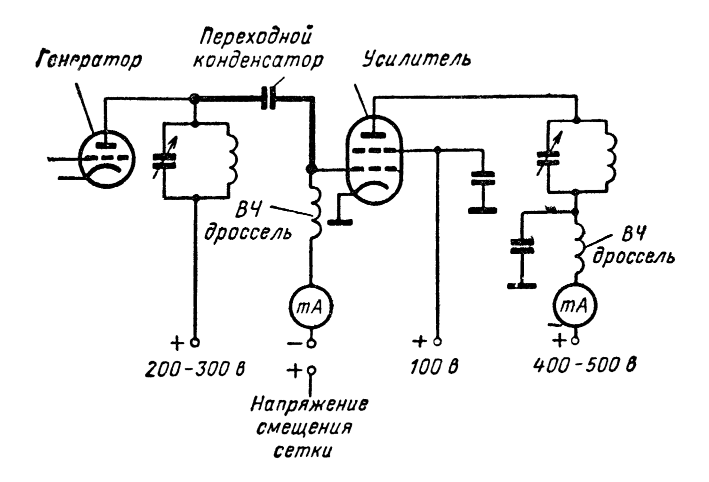


Рис. VI.154. Автогенератор и усилитель с емкостной связью. Цепь связи и цепь сетки выделены жирной линией. Напряжение смещения на сетку усилителя подается через высокочастотный дроссель, который не допускает утечки сигнала генератора на землю. Миллиамперметры измеряют токи в цепях и могут использоваться для настройки схемы.

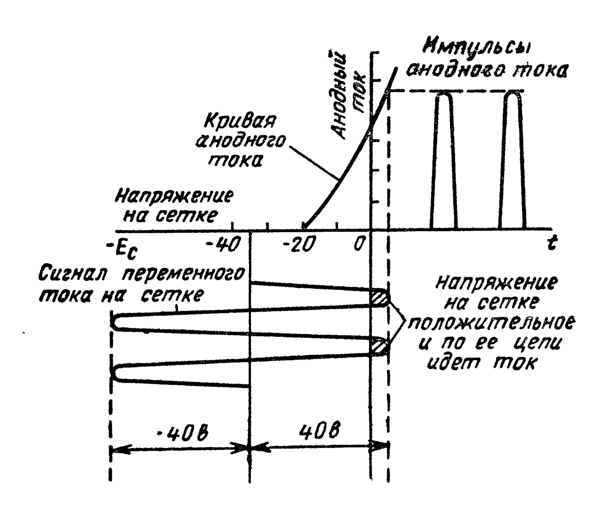


Рис. VI.155. График показывает влияние сигнала, действующего на сетке, на анодный ток усилителя. Слева внизу изображен сигнал, поступающий на сетку Когда под действием этого сигнала сетка становится положительной, в ее цепи протекают импульсы тока.

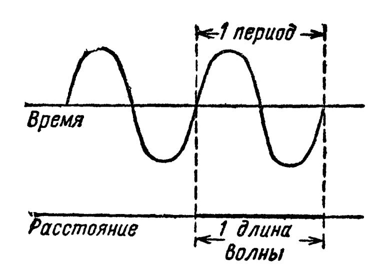


Рис. VI.156. Длина волны — это расстояние, которое проходит электромагнитная энергия за время, равное одному периоду. Она обозначается буквой λ.

и шунтирующий конденсатор препятствуют попаданию высокой частоты в источник питания. Величина анодного напряжения определяется типом используемой лампы. Некоторые усилители класса С работают при анодных напряжениях, достигающих 3000 *в*.

Когда напряжение смещения сетки вдвое превышает напряжение отсечки, ток в анодной цепи проходить не будет, пока на сетку не поступит достаточно большой сигнал. Если сигнал, поступающий на сетку, достаточно велик, то изменения напряжения на сетке вызовут импульсы анодного тока (рис. VI.155).

Чтобы анодный ток повторял сигналы, поступающие на сетку, нужно настроить колебательный контур в резонанс с частотой сигнала на сетке. При настройке в резонанс импульсы анодного тока будут проходить через катушку индуктивности и конденсатор. Заряд и разряд конденсатора через катушку индуктивности должны протекать синхронно с импульсами анодного тока. В результате колебательный контур будет создавать незатухающие колебания нужной частоты.

Весьма важно, чтобы колебательный контур был настроен в резонанс, так как в противном случае может быть повреждена электронная лампа.

Миллиамперметр, показанный на рис. VI.154, служит для измерения анодного тока и, кроме того, может использоваться в качестве индикатора настройки контура в резонанс. Анодный колебательный контур является параллельным и поэтому при настройке в резонанс имеет максимальное сопротивление, что проявляется в уменьшении анодного тока. Следовательно, настройку усилителя в резонанс можно вести по миллиамперметру, включенному в анодной цепи. Пока резонанс еще не достигнут, анодный ток будет максимальным, но при резонансе миллиамперметр отметит определенное уменьшение тока.

Предотвращение самовозбуждения усилителя. Мощные усилители предназначены для усиления напряжения, создаваемого генератором, поэтому нежелательно, чтобы в них возбуждался свой собственный сигнал. Из-за существования межэлектродных емкостей в электронной лампе энергия из анодной цепи очень легко может попасть в виде положительной обратной связи на сетку. Когда это происходит, лампа начинает генерировать некоторый новый сигнал. Чтобы не допустить самовозбуждения, необходимо нейтрализовать обратную связь в усилителе.

Одним из способов нейтрализации является использование ламп, имеющих экранирующие сетки. Благодаря наличию экранирующей сетки между управляющей сеткой и анодом удается исключить нежелательную обратную связь. Экранирующая сетка уменьшает связь между анодной и сеточной цепями и позволяет предотвратить самовозбуждение усилителя.

Вибраторная антенна. Если усилитель высокой частоты должен посылать сигнал в пространство, передатчик нужно соединить с антенной. Антенна — это провод, который отбирает энергию из передатчика и излучает ее в пространство в виде электромагнитных волн. Чтобы антенна работала эффективно, она должна быть настроена на частоту сигнала передатчика.

Простейшей антенной для радиопередатчика является полуволновой вибратор. Вибратор представляет собой провод длиной в половину длины волны высокочастотного сигнала. Такой провод действует аналогично резонансному контуру. Как и в обычном колебательном контуре, в нем имеется индуктивность, емкость и сопротивление. Зная рабочую частоту, можно рассчитать необходимую длину провода.

Формула для определения длины волны имеет вид

$$\text{Длина волны (в метрах)} = \frac{300}{\text{частота (в мегагерцах)}}.$$

Эта формула не вполне точна для реального провода, поскольку она справедлива для волны, распространяющейся в свободном пространстве. Из-за наличия сопротивления у провода реальный полуволновой вибратор будет приблизительно на 5% короче. Следователь-

но, усредненная формула для резонансной длины провода будет:

$$\text{Половина длины волны (в метрах)} = \frac{140}{\text{частота (в мегагерцах)}}.$$

Подсчитаем длину полуволнового вибратора для работы на частоте 7000 *кгц*. Так как частота 7000 *кгц* = =7 *Мгц*, то половина длины волны (в метрах) = $= \frac{140}{7} = 20$ *м*. Таким образом, длина полуволнового вибратора равна 20 *м*.

Фидерные линии. Для передачи энергии от усилителя высокой частоты к антенне нужно использовать передающую линию (фидер). Передающая линия состоит из двух параллельных проводов, расположенных на одинаковом расстоянии один от другого. Так как эти провода обладают емкостью, индуктивностью и сопротивлением, они создают определенное сопротивление для протекающего по ним тока. Существует несколько типов передающих линий. Одним из наиболее распространенных является коаксиальный кабель. Внутренний проводник в коаксиальном кабеле расположен по оси и окружен внешним проводником — экраном. Для изоляции внутреннего проводника от наружного экрана используется полиэтилен (рис. VI.157). Другим типом передающей линии является ленточная линия, также показанная на рис. VI.157.

Если антенна присоединяется к передающей линии, важно, чтобы вся энергия с выхода усилителя передавалась в антенну. Максимальная передача энергии имеет место, когда полное сопротивление передающей линии равно полному сопротивлению антенны.

К полуволновому вибратору передающая линия обычно подсоединяется в средней точке (рис. VI.158). Такая антенна имеет входное сопротивление около 73 *ом*. Следовательно, для максимальной передачи энергии от передающей линии к полуволновому вибратору надо, чтобы сопротивление передающей линии составляло примерно 73 *ом*. Как коаксиальный кабель, так и двухпроводная линия могут иметь сопротивления от 73 до 75 *ом*. Входное сопротивление антенны зависит от ее конструкции. Антенна любого типа требует, чтобы передающая линия была согласована с ней.

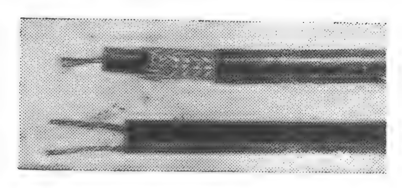


Рис. VI.157. Передающие линии (фидеры), используемые для передачи мощности к антенне, обычно представляют собой коаксиальный кабель (вверху) или двухпроводную ленточную линию (внизу).

Для связи передающей линии с выходом мощного усилителя можно использовать высокочастотный трансформатор (рис. VI.159).

Умножители частоты. Автогенераторы стабильнее работают на относительно низких частотах, чем на высоких. Поскольку стабильность частоты радиопередатчика очень важна, автогенератор часто рассчитывают для работы на частоте значительно более низкой, чем частота выходного усилителя. Увеличить частоту сигнала можно с помощью умножителя частоты. Умножитель частоты работает на гармонике более низкой частоты, которая называется основной частотой или первой гармоникой. Частота второй гармоники вдвое больше основной частоты, частота третьей гармоники втрое превышает основную частоту. Если основная частота генератора равна 4 *Мгц*, то четвертая гармоника будет 16 *Мгц*.

Схема умножителя частоты очень похожа на схему обычного усилителя класса С. В обычном усилителе анодный колебательный контур настроен на ту же самую частоту, что и входной, или сеточный, контур. В каскаде умножителя анодный колебательный контур настраивают на гармонику частоты, на которую настроен сеточный контур. Для удвоения частоты 4 *Мгц*, получаемой от генератора, выходной контур умножителя частоты должен быть настроен на 8 *Мгц* (рис. VI.160).

Половина расчетной длины волны

Провод ⌀ 1,6 или 2 мм

Паяное соединение

75-омная двухпроводная или коаксильная линия

Рис. VI.158. Конструкция полуволнового вибратора, возбуждаемого двухпроводной ленточной линией с волновым сопротивлением 75 *ом*.

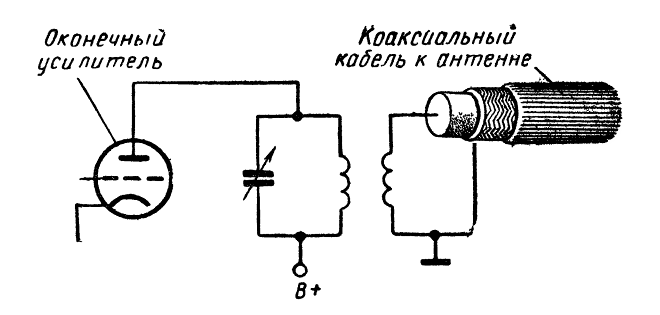


Рис. VI.159. Индуктивная связь коаксиальной передающей линии с выходом оконечного усилителя.

Для работы в качестве удвоителя частоты анодный контур должен быть настроен на частоту, вдвое превышающую частоту входного сигнала. Сигнал, поступающий на сетку, создает импульс анодного тока в колебательном контуре. Так как колебательный контур настроен на удвоенную частоту входного сигнала, ток в колебательном контуре изменится на два полных периода, прежде чем придет следующий импульс анодного тока. Импульсы анодного тока поддерживают колебания в контуре. Принцип действия утроителя и учетверителя частоты такой же, как и удвоителя частоты.

Необходимо отметить, что при каждом увеличении частоты происходит уменьшение общего коэффициента полезного действия. Поэтому, когда частота гармоники в несколько раз превышает основную частоту, для компенсации потерь в величине сигнала может потребоваться несколько каскадов усиления.

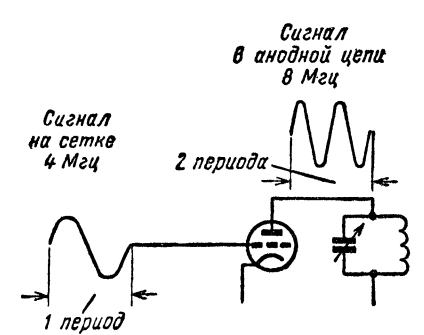


Рис. VI.160. Каскад умножения частоты в передатчике. Анодный контур настраивают на удвоенную частоту сигнала, действующего на сетке, так что на каждый период колебаний на сетке приходится два периода колебаний в анодном контуре.

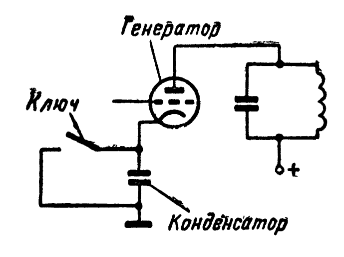


Рис. VI.161. Телеграфный ключ в катодной цепи дает возможность включать и выключать анодный ток.

Если генератор и умножитель частоты не дают достаточной мощности для работы оконечного усилителя, можно использовать еще один каскад усилителя высокой частоты. Такой усилитель часто называют буферным. Буферный усилитель может использоваться также между генератором и выходным усилителем для предотвращения влияния усилителя на рабочую частоту генератора.

Телеграфная манипуляция в передатчиках. Если мы хотим, чтобы передатчик передавал сигналы кода Морзе, нужно иметь возможность управлять в нем возбуждением генерации. Телеграфные передатчики работают от телеграфного ключа. Имеется несколько способов телеграфной манипуляции передатчика. В одном из наиболее распространенных способов телеграфный ключ используется для замыкания и размыкания цепи катода (рис. VI.161). Когда ключ замыкает цепь, через лампу проходит ток. Когда ключ разомкнут, ток отсутствует.

Как показано на схеме рис. VI.162, отпирание цепей катодов происходит одновременно в генераторе и выходном усилителе.

Амплитудная модуляция в передатчике. При амплитудной модуляции сигнал звуковой частоты воздействует на амплитуду несущей. Когда напряжение звукового сигнала, т. е. модулирующее напряжение, положительно, амплитуда несущей увеличивается; когда модулирующее напряжение отрицательно, амплитуда несущей уменьшается. Для осуществления модуляции несущей нужно воздействовать звуковой волной на несущую так, чтобы амплитуда несущей менялась в соответствии с амплитудой этой волны. Модуляция осуществляется при помощи модулятора. Модулятор — это усилитель звуковой частоты, соединенный с усилителем высокой частоты таким образом, что сигнал звуковой частоты надкладывается на несущую.

Модулятор можно сравнить со звукоусилительной системой, используемой для усиления звуковых частот.

Рис. VI.162. Полная схема передатчика частоты 7 *Мгц*. Цепь телеграфной манипуляции (цепь ключа) выделена жирной линией.

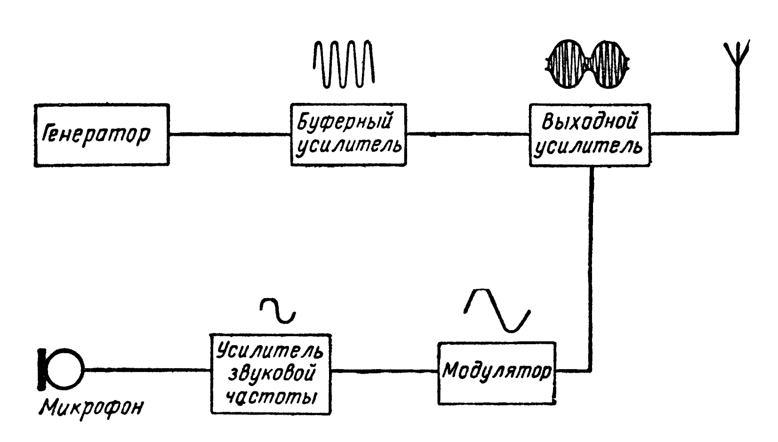


Рис. VI.163. Блок-схема передатчика, работающего в режиме амплитудной модуляции.

Для осуществления модуляции надо иметь микрофон, преобразующий звук в переменный ток. Этот ток усиливается усилителем звуковой частоты и подается на модуляторную или выходную лампу. В звукоснимательной системе сигнал с выхода усилителя подается на громкоговоритель; в модуляторе это сигнал поступает в усилитель высокой частоты.

Способы осуществления амплитудной модуляции. Существует несколько разных способов подачи сигнала звуковой частоты в высокочастотный усилитель. Одним из очень распространенных способов является анодная модуляция. При этом способе используют двухламповую схему, называемую двухтактным усилителем класса В (рис. VI.164). Выходной сигнал модулятора подается в оконечный усилитель высокой частоты через модуляционный трансформатор. Напряжение звуковой частоты, возникающее на вторичной обмотке трансформатора, добавляется к анодному напряжению усилителя высокой частоты. Таким образом, напряжение звуковой частоты суммируется или вычитается из постоянного напряжения на аноде. Основной недостаток анодной модуляции заключается в том, что для нее требуется значи-

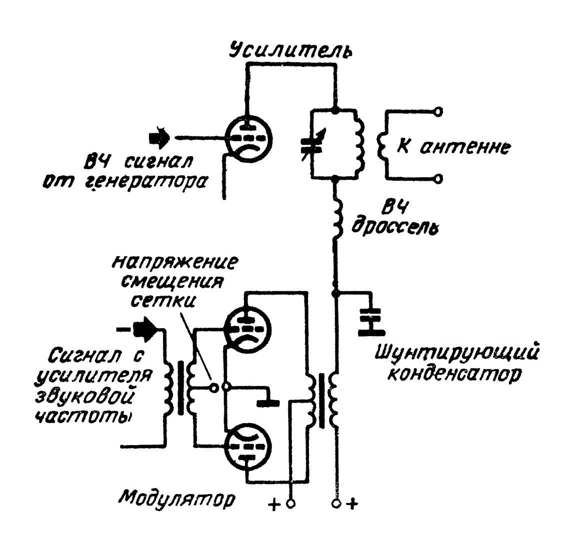


Рис. VI.164. Схема анодной модуляции усилителя.

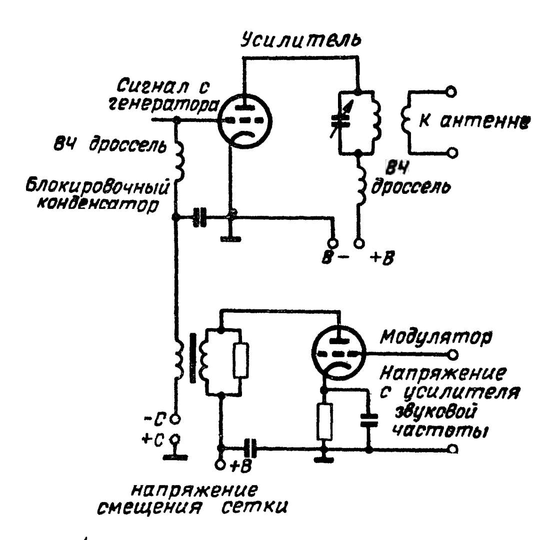


Рис. VI.165. Схема сеточной модуляции усилителя.

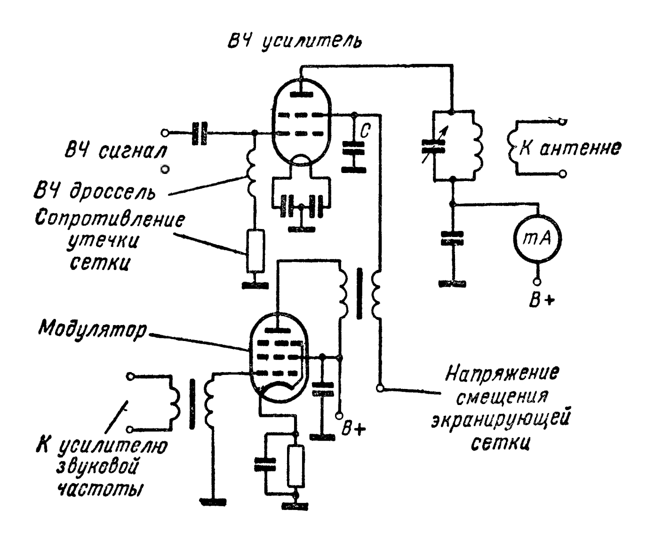


Рис. VI.166. Схема модуляции усилителя по экранирующей сетке.

тельная мощность звуковой частоты. Изготовление же мощных усилителей звуковой частоты достаточно дорого.

Другой способ модуляции, при котором требуется меньшая мощность звуковой частоты, называется сеточной модуляцией. В этом случае сигнал звуковой частоты подается на сетку усилителя высокой частоты, как показано на схеме рис. VI.165. Серьезным недостатком сеточной модуляции является уменьшение выходной мощности несущей.

Еще один способ модуляции заключается в подаче сигнала звуковой частоты на экранирующую сетку. На рис. VI.166 модулирующий сигнал звуковой частоты подается на экранирующую сетку через трансформатор. Однако мощность несущей на выходе при модуляции по экранирующей сетке составляет всего лишь четвертую или третью часть мощности, которую можно получить на том же самом усилителе высокой частоты при анодной модуляции.

Контрольные вопросы

1. Каково назначение радиосигналов?
2. Чем определяется частота параллельного LC-контура?
3. Для чего служит катушка обратной связи в регенеративной схеме?
4. Как осуществляется обратная связь в трехточечном генераторе?
5. Укажите преимущества автогенератора с кварцевой стабилизацией.
6. Чем определяется частота кристалла кварца?
7. Каковы функции колебательного контура в усилителе высокой частоты класса С?
8. Объясните, почему нежелательно самовозбуждение усилителя высокой частоты.
9. Подсчитайте длину провода, необходимого для полуволнового вибратора, который будет эффективно работать на частоте 3 000 *кгц*.
10. Зачем нужно согласовывать фидерную линию и антенну?
11. Назовите два вида фидерных линий.
12. Для чего служит умножитель частоты передатчика?
13. Каково назначение телеграфного ключа передатчика?
14. Назовите три способа модуляции сигналов в передатчике с амплитудной модуляцией.

31. ДОСТИЖЕНИЯ РАДИОТЕХНИКИ

Передающая телевизионная трубка. Телевидение было одним из крупнейших изобретений.

На телецентре имеются два передатчика (рис. VI.168). Один из них посылает сигналы изображения, а другой — звука. Сигналы изображения передаваемой сцены сначала формируются в передающей телевизионной камере. В этой камере используется электроннолучевая трубка, обладающая чувствительностью к свету. В трубке изображение преобразуется в электрические сигналы.

Передавать все изображение сразу невозможно. Необходимо разбить его на небольшие элементы. По изображению, создаваемому светом, попадающим в объектив телевизионной камеры, перемещается луч электронов, называемый сканирующим лучом. Движение луча начинается с верхней части изображения слева направо и заканчивается в нижней части изображения.

Сканирующий луч разлагает изображение на 625 строк. Каждое полное изображение образуется из элементов различной освещенности, входящих в эти 625 строк. Для развертки одного изображения (кадра) требуется 1/25 секунды, следовательно, каждую секунду передается 25 кадров (рис. VI.169).

Телевизионный передатчик. Электрический сигнал, получаемый в передающей трубке, усиливается видеоусилителем. Сигналы изображения с выхода видеусилителя мо-



Рис. VI.167. Телевизионная передающая камера.

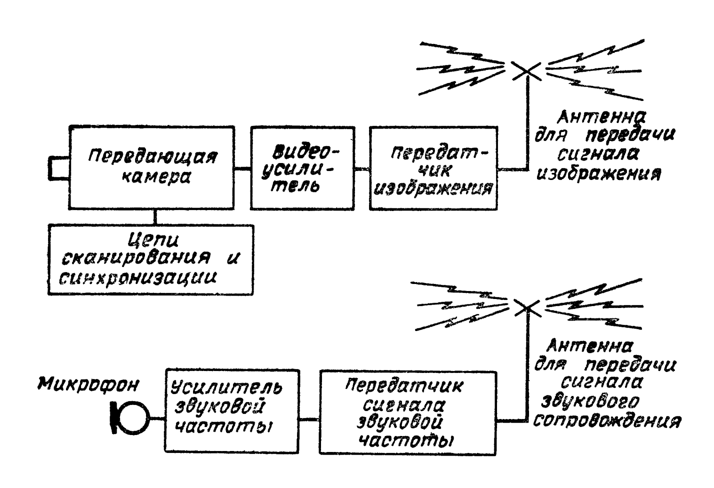


Рис. VI.168. Блок-схема передающей телевизионной станции. Один передатчик посылает сигналы изображения, а другой — сигналы звука.

дулируют высокочастотную несущую передатчика и излучаются затем через передающую антенну.

Телевизионные сигналы распространяются прямолинейно, подобно лучам света. Поэтому передающие антенны размещают как можно выше, для того чтобы

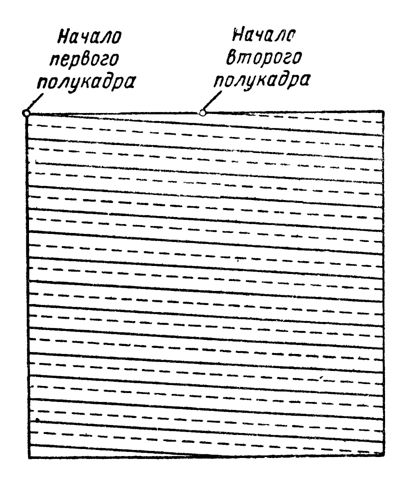


Рис. VI.169. Разложение изображения на строки в телевизионной камере. Каждый кадр передается в течение 1/25 секунды и содержит 625 строк. Кадр состоит из двух полукадров по 312,5 строк. Сначала сканируются строки, показанные сплошными линиями, затем луч возвращается к началу второго полукадра и сканирует строки, показанные пунктиром.

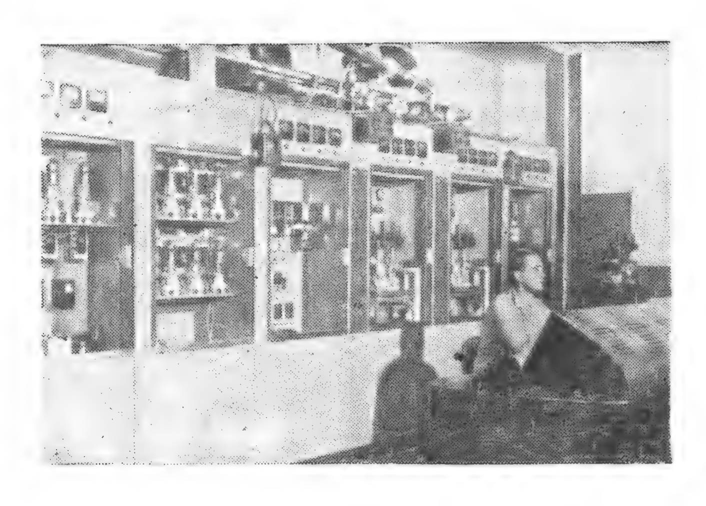


Рис. VI.170. Общий вид телевизионного передатчика дециметрового диапазона.

сигналы могли распространяться на большие расстояния (рис. VI.172).

На обычной радиовещательной станции колебания звуковой частоты воздействуют на несущую таким образом, что ее амплитуда увеличивается и уменьшается при изменении амплитуды звуковых колебаний, т. е. применяется амплитудная модуляция. В телевидении используется другой способ наложения звуковых колеба-



Рис. VI.171. Радиорелейные станции, расположенные приблизительно на 50 *км* друг от друга, позволяют передавать на большие расстояния телевизионные программы и осуществлять дальнюю телефонную связь Радиорелейные линии работают на волнах сантиметрового диапазона. Такие волны распространяются прямолинейно, подобно лучам света.



Рис. VI.172. Так как телевизионные сигналы распространяются прямолинейно, антенны нужно поднимать как можно выше.

ний на несущую — частотная модуляция. При частотной модуляции звуковые колебания изменяют частоту несущей, как показано на рис. VI.173.

Частотная модуляция применяется и на радиовещательных станциях диапазона ультракоротких волн. Их иногда называют частотно-модулированными станциями. Основным преимуществом использования частотной модуляции является то, что помехи от домашних электроприборов, атмосферных разрядов и цепей автомобильного зажигания в приемнике не прослушиваются. Кроме того, частотная модуляция позволяет получить лучшее качество звучания.

Телевизионный приемник. В телевизионном приемнике имеется переключатель телевизионных каналов, используемый для выбора той или иной телевизионной программы. При установке этого переключателя, например, в положение, соответствующее первой программе, или, как иногда говорят, первому каналу, приемник

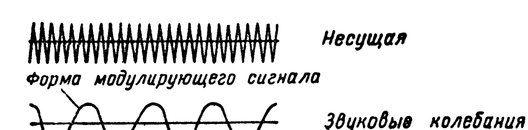


Рис. VI.173. При частотной модуляции звуковые колебания воздействуют на частоту несущей, а амплитуда ее остается без изменений.

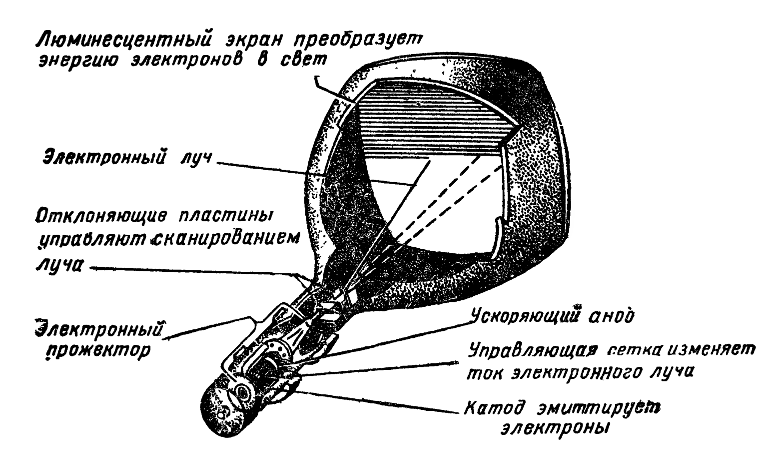


Рис. VI.174. Сигнал изображения, принимаемый телевизором, поступает в приемную электроннолучевую трубку (кинескоп). Там он воздействует на ток электронного луча. При движении электронного луча по экрану на нем воспроизводится сцена, передаваемая телевизионной камерой.

оказывается настроенным на сигналы изображения и звука, передаваемые телевизионной радиостанцией первой программы. Так как сигналы изображения и звука передаются на несколько отличающихся друг от друга несущих частотах, в приемнике они разделяются. Звуковой сигнал усиливается и воспроизводится через громкоговоритель. Сигнал изображения после усиления воспроизводится на экране кинескопа.

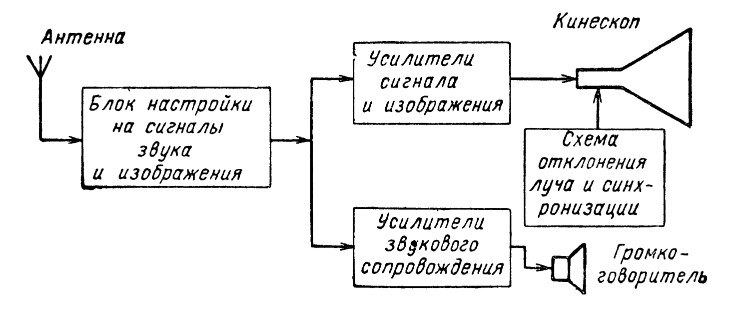


Рис. VI.175. Упрощенная блок-схема телевизора.

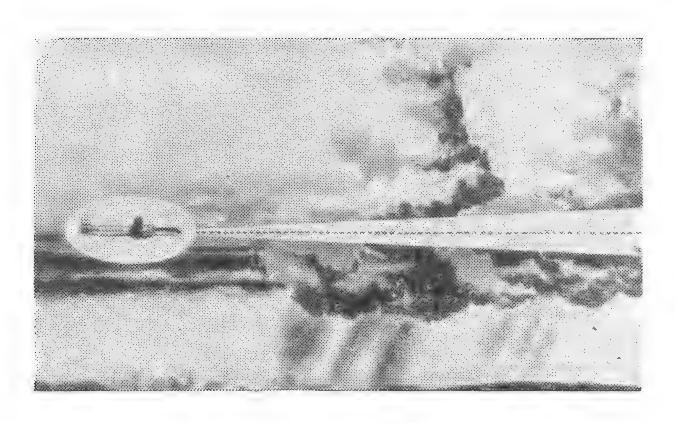


Рис. VI.176. Бортовой радиолокатор позволяет летчикам пилотировать самолет через скопления грозовых облаков.

Электроннолучевая трубка (кинескоп). Изображение, которое мы видим в телевизоре, воспроизводится на экране электроннолучевой трубки. С внутренней стороны экрана кинескопа имеется покрытие из материала, в котором при попадании электронов возникает свечение. Чем сильнее поток электронов, тем ярче свечение экрана в трубке. Именно это свечение, вызываемое электронами, попадающими на экран трубки, и образует элементы изображения.

Кинескоп работает так, что луч электронов в нем движется синхронно с лучом в передающей телевизионной трубке. Синхронизм движения обоих лучей обеспечивается специальными электрическими цепями синхронизации. Как и в передающей трубке, луч в кинескопе должен прочерчивать по экрану 625 строк 25 раз в секунду. Это значит, что электронный луч пересекает экран кинескопа 15 625 раз в секунду. При движении луча по экрану на нем воспроизводится изображение сцены, передаваемой из телецентра.

Цветное телевидение. Известно несколько систем цветного телевидения. В американской системе цветного телевидения для формирования сигнала изображения используются три передающие телевизионные трубки. Каждая передающая трубка воспринимает передаваемую сцену в своем цвете. Одна из них воспринимает

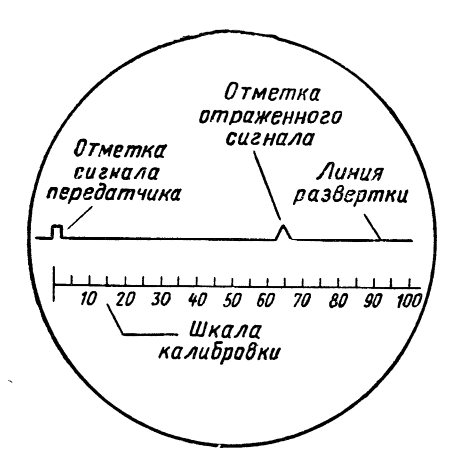


Рис. VI.177. Экран электроннолучевой трубки, используемой в качестве радиолокационного индикатора. Два импульса показывают время между сигналом, передатчика и сигналом отраженным от цели и пришедшим к приемнику. С помощью калиброванной шкалы можно определять расстояние между объектом и радиолокатором.

красные лучи, исходящие от сцены, вторая — зеленые, а третья — синие. Все три цветовых сигнала излучаются передатчиком. Комбинация этих цветовых сигналов позволяет получить цветное изображение в цветном телевизоре и, кроме того, черно-белое изображение в обычных телевизорах.

В кинескопе цветного телевизора имеется три электронных прожектора, которые создают красные, зеленые и синие элементы изображения на трехцветном экране трубки. Внутренняя поверхность экрана покрыта тысячами точек красного, зеленого и синего люминофоров, которые светятся при попадании на них электронов лучей. Внутри трубки перед экраном помещена маска, в которой имеется множество отверстий. Они расположены так, что электронный луч прожектора, формирующего красную часть изображения, может попадать только на красный люминофор, луч, формирующий зеленую часть изображения, может попадать только на зеленый люминофор, и луч, формирующий синюю часть изображения, может попадать только на синий люминофор. Поскольку точки цветных люминофоров очень малы и расположены близко друг от друга, наш глаз воспринимает их как цельное цветное изображение.

Радиолокация. Радиолокация начала развиваться во время второй мировой войны, но оказалась полезной и в мирное время. Очень важную роль играет радиолокация в навигации как на море, так и в воздухе. Всем

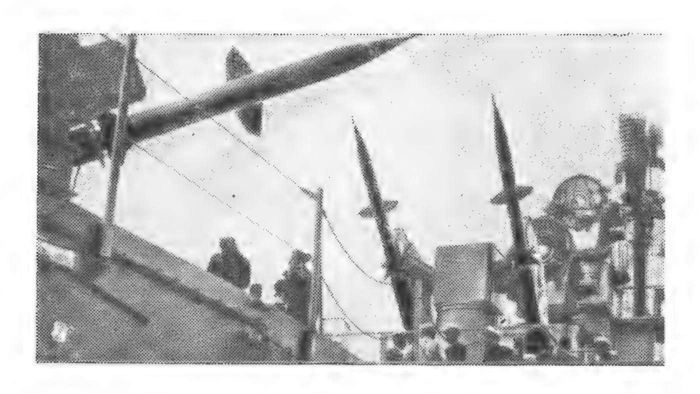


Рис. VI.178. Радиоуправляемые ракеты на борту корабля.

хорошо знакомо явление эхо. Звуковые волны отражаются от утеса или здания и возвращаются обратно. Мы слышим голос, когда говорим, и слышим его снова, когда он возвращается после отражения от утеса или стены. В радиолокации происходит то же самое, но с той разницей, что вместо звуковых волн используются радиоволны высокой частоты. Радиолокатор посылает радиоволну на объект и принимает ее же после отражения от этого объекта. Отраженные сигналы используются в радиолокаторе для автоматической индикации расстояния до объекта (рис. VI.177).

Так, например, с помощью радиолокатора само-

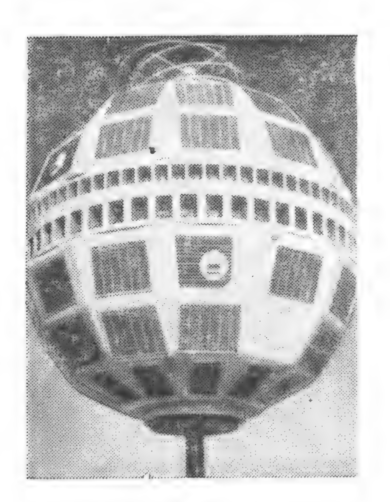


Рис. VI.179. Искусственный спутник Земли «Телстар» без оболочки, в которой он находится при запуске. На его внешней поверхности в квадратных рамках расположены 3600 солнечных элементов, обеспечивающих энергию питания. Наверху расположена спиральная антенна для передачи телеметрических сигналов. Два ряда сверхвысокочастотных антенн для приема и передачи сигналов телевидения опоясывают спутник в его средней части.

лет может определить свою высоту над поверхностью Земли. Сигнал, посылаемый передатчиком, направляется к Земле. Отраженный сигнал принимается на самолете радиоприемником, выход которого соединен с электроннолучевой трубкой. На экране электроннолучевой трубки воспроизводится сигнал передатчика и отраженный сигнал.

Время, нужное радиоволнам, чтобы дойти до Земли и вернуться к самолету, составляет доли секунды. Поскольку скорость распространения радиоволн известна и равна 300 000 *км/сек*, интервал времени между отметками сигналов на экране можно прокалибровать в километрах. Таким образом, по расстоянию между метками на экране определяется высота самолета над поверхностью Земли.

Радиолокация имеет самые разнообразные применения. Радиолокаторы, установленные на судах, позволяют получить картину береговой линии. Радиолокатор может определять местоположение других объектов, находящихся в море или в воздухе. Принципы радиолокации все шире используются в навигации, чтобы сделать путешествие по морю и воздуху безопасным.

Ракеты, управляемые по радио. С помощью радиоволн можно управлять ракетами и самолетами на расстоянии. На ракетах, запускаемых в космос или в воздух, устанавливается радиоприемник. Передатчик, установленный на станции наведения, посылает радиосигналы, принимаемые радиоприемником ракеты. Органы управления полетом ракеты построены так, что они подчиняются сигналам, принимаемым радиоприемником. За полетом ракеты следит радиолокатор. Он дает операторам сведения о скорости и положении ракеты. Благодаря этому операторы могут управлять полетом ракеты.

На высотных исследовательских ракетах устанавливаются радиопередатчики, которые посылают на наземные станции результаты измерений. На Землю посылается информация о давлении воздуха, температуре и других важных параметрах.

Искусственные спутники Земли и космические корабли. Ракеты и управляемые снаряды играют важную роль. С их помощью с исследовательскими целями в настоящее время запускается много искусственных спутников и космических кораблей. Спутники, выведенные

на орбиту вне земной атмосферы, могут передавать ценную информацию о погоде, солнечной радиации и данные, необходимые для работы систем связи.

В радиотехническом оборудовании таких спутников и космических кораблей каждый элемент — это лучшее из того, что способна дать радиотехника. Так как спутник должен работать автономно и обеспечивать многие виды необходимой информации, его аппаратура должна обладать высокой надежностью и вместе с тем быть предельно компактной. Чтобы достичь этих характеристик, электронные схемы выполняют в виде блоков, содержащих микроминиатюрные компоненты, а для питания используют солнечные батареи.

Большое число спутников, выведенных на орбиту, уже дало много ценной информации. необходимой для дальнейшего исследования космического пространства. Так, например, с их помощью были открыты и изучены радиационные пояса Земли.

Телеметрия. Подготовка полета человека на Луну потребовала накопления данных, точно определяющих условия, в которые попадает космонавт на Луне. Многие необходимые данные получаются при помощи передатчиков, установленных на спутниках и посылающих сигналы по команде с Земли. Сигналы, посылаемые со спутников, имеют форму импульсов, величина и длительность которых содержат полезную информацию. Область техники, осуществляющей передачу на расстояние и прием результатов измерений, называется телеметрией.

С некоторых спутников передается до 150 различных видов информации, среди которых интенсивность радиации, влияние радиации на солнечные элементы, количество солнечной энергии, попадающей на спутник, напряжения во многих точках схем, давление внутри и снаружи оболочки и режим работы источника энергии.

Газоразрядные счетчики. Одним из видов приборов. используемых для обнаружения радиоактивных материалов, являются газоразрядные счетчики, или счетчики Гейгера. Если трубку Гейгера поднести к куску урановой руды или другому предмету, обладающему радиоактивностью, индикаторный прибор отметит радиоактивность. В качестве сигналов индикатора могут быть щелчки в наушниках, мигание неоновой лампочки или отклонение стрелки прибора.



Рис. VI.180. Применение счетчика Гейгера при разведке урансодержащей руды. В полевых условиях эти приборы обычно работают от небольших батарей.

Основной частью счетчика является небольшая трубка Гейгера. Это стеклянная трубка, заполненная газом и имеющая два металлических электрода внутри. Когда к трубке подносятся радиоактивные материалы, в ней под действием радиоактивного излучения между электродами начинает проходить ток, который затем усиливается усилителем. Чем выше уровень радиоактивности, тем больше показания счетчика. При этом щелчки в наушниках повторяются чаще, увеличивается частота мигания неоновой лампочки, а стрелка прибора отклоняется дальше.

Газоразрядные счетчики имеют много важных применений. Геологи используют их при разведке месторождений урановой руды. В тех местах, где применяют радиоактивные материалы, газоразрядные счетчики позволяют определять, были ли люди или их одежда в контакте с опасными лучами.

ИНТЕРЕСНЫЕ САМОДЕЛКИ

1. «Мигалка» на неоновой лампочке

Необходимые материалы:

Неоновая лампа типа МН-3	1
Резистор 0,5 *вт* (см. текст)	1
Конденсатор 150 *в* (см. текст)	1

Во многих видах промышленного оборудования для включения или выключения электрических схем используются схемы, задающие моменты включения или выключения и аналогичные схеме, показанной на рис. VI.182. С помощью такой схемы можно точно задать

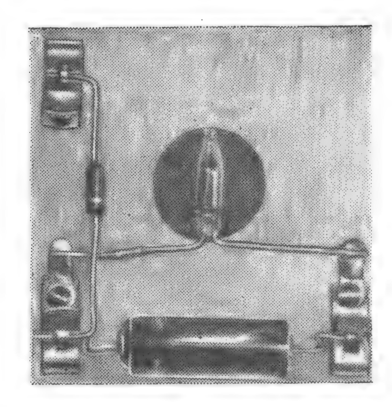


Рис. VI.181. «Мигалка» на неоновой лампе.

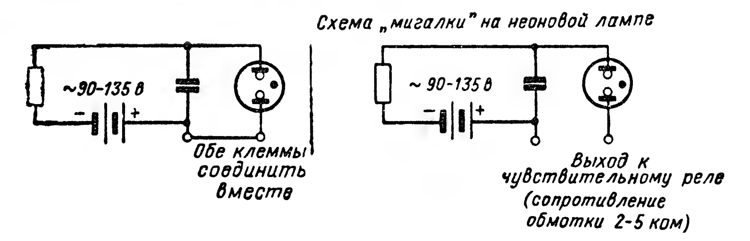


Рис. VI.182. Схема «мигалки» и управляющего реле на неоновой лампе.

интервалы времени, измеряемые как долями секунды, так и многими минутами. Длительность интервалов определяется величинами сопротивления резистора в омах и емкости конденсатора в фарадах. Произведение сопротивления резистора на емкость конденсатора (в фарадах) даст величину временно́го интервала в секундах, по истечении которого неоновая лампа будет зажигаться.

В схеме, показанной на рис. VI.181, длительность интервала равна одной секунде, так как сопротивление резистора составляет 1 *Мом*, а емкость конденсатора 1 *мкф*. Если мы хотим увеличить длительность интервала, нам достаточно увеличить сопротивление резистора или емкость конденсатора, потому что их произведение и определяет длительность интервала в секундах.

На вход схемы нужно подать напряжение постоянного тока от 90 до135 *в*. Если мы хотим только наблю-

дать частоту мигания неоновой лампы, выходные зажимы следует замкнуть накоротко куском провода. Если же требуется управлять работой другой схемы, выход следует подключить к обмотке чувствительного реле.

2. Схема транзисторного генератора для обучения коду Морзе

Необходимые материалы:

Деревянная дощечка 13×75×75 *мм*	1
Транзистор типа МП42	1
Постоянные конденсаторы 0,01 *мкф* (C_1, C_2)	2
Резистор 47 *ком* (R)	1
Миниатюрные батарейки	2
Зажимы	4

Этот транзисторный генератор представляет собой компактную схему, с помощью которой можно обучаться радиотелеграфному коду в радиолюбительской практике. Смонтируйте детали так, как показано на рис. VI.183. Выполните соединения согласно схеме рис. VI.184. Два контактных зажима обозначьте «ключ», а два других — «наушники». Если все соединения сделаны правильно, то при нажатии ключа в наушниках будет слышен звук высокого тона. Наилучшие результа-

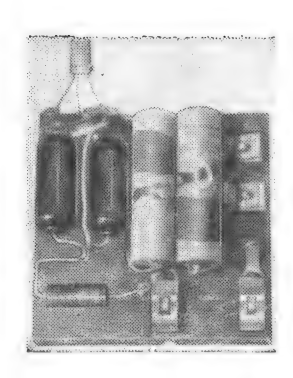


Рис. VI.183. Генератор на транзисторе для обучения коду Морзе.

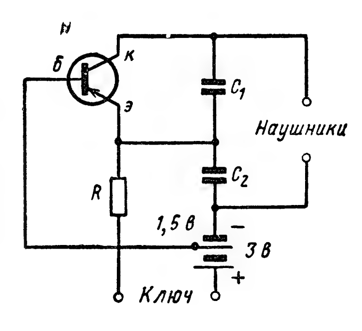


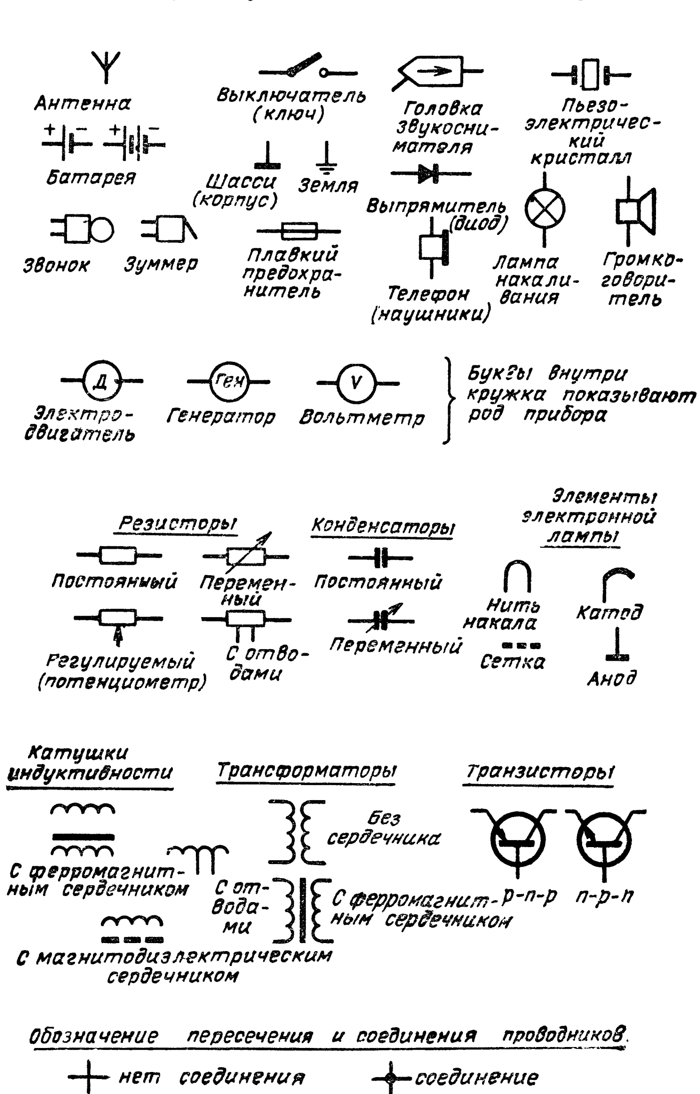
Рис. VI.184. Схема транзисторного генератора для обучения коду Морзе.

ты получаются с наушниками, имеющими сопротивление 2000 *ом* или больше. Для уменьшения потребления тока батарей нужно отсоединять наушники от схемы после окончания работы.

Контрольные вопросы

1. Почему на телецентре используются два передатчика?
2. Сколько полных изображений сцены передается телецентром каждую секунду?
3. На сколько строк разбивается каждое изображение?
4. Зачем нужно устанавливать телевизионную антенну как можно выше?
5. Как называется электроннолучевая трубка в телевизоре? Объясните, как она работает.
6. Объясните, как с помощью радиолокатора определяется высота самолета над землей.
7. Как можно использовать радиолокатор для того, чтобы сделать полеты самолетов более безопасными?
8. В чем заключается преимущество радиоуправляемых ракет?
9. Для чего используются газоразрядные счетчики?

Условные обозначения элементов схем.



СОВЕТЫ ПО ПАЙКЕ

При сборке схем очень важно получить надежные соединения. Припой должен обеспечивать хороший электрический контакт, предотвращать коррозию в соединении и повышать прочность соединения.

ОПЕРАЦИИ И ПРАВИЛА ПРИ ПАЙКЕ

Зачистить жало паяльника

При использовании электрического паяльника рекомендуется (если это возможно) вытащить медное жало из паяльника для зачистки его напильником. Заточите конец жала, как показано на рис. П. 1, так чтобы все грани были гладкими и сходились в точку. Жало следует вытаскивать из паяльника не менее одного раза в неделю, чтобы можно было удалять коррозию с его поверхности. Если жало длительное время остается в паяльнике, то вследствие коррозии внутренних поверхностей становится трудно его вытаскивать.

Кончик паяльного пистолета нужно зачищать металлической щеткой или наждачной бумагой.

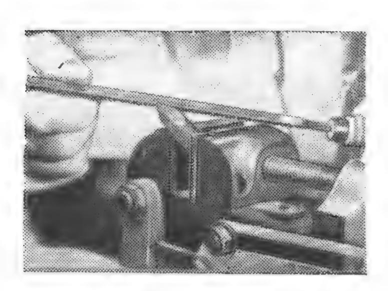


Рис. П.1. Медное жало паяльника следует зачистить напильником.



Рис. П.2. Изоляция с провода малого диаметра удаляется с помощью наждачной бумаги.

Залудить конец жала

Нагрейте паяльник и нанесите на конец жала тонкий слой канифоли и припоя. Иногда припой не пристает, даже когда жало выглядит чистым. В этих случаях нужно потереть нагретую часть металлической щеткой и снова нанести слой канифоли и припоя. Теперь жало покроется слоем олова и будет иметь блестящую поверхность. Если на жале имеется избыток припоя, его можно удалить, обтерев жало куском материи.

Пользуйтесь припоем в виде проволоки, внутри которой заложена канифоль

Для выполнения всех электрических соединений рекомендуется припой в виде проволоки, центральная часть которой заполнена канифолью. Применение кислот или паяльных паст нежелательно, так как они разъедают соединения.

Все подлежащие пайке детали должны быть чистыми

Припой не будет приставать к проводу или лепесткам, которые не были предварительно зачищены. Все детали перед пайкой нужно зачищать ножом до блеска. Тонкие эмалированные провода лучше зачищать при помощи наждачной бумаги, как показано на рис. П. 2.

Сделайте хорошее механическое соединение

Перед пайкой следует скрутить или надежно зажать провода, подлежащие пайке. После этого можно осуществить пайку.

Нагрейте соединение

Горячий паяльник нужно держать у деталей, которые нужно соединить, до тех пор, пока они не нагреются. Паяемые части деталей должны быть нагреты так, чтобы припой плавился при касании их. В этом случае припой будет хорошо растекаться и образовывать прочное соединение.

Не допускайте движения в паяемом соединении до застывания припоя

При пайке и охлаждении припоя соединение должно оставаться неподвижным. Подвижность в соединении может привести к его повышенному сопротивлению.

Пользуйтесь нужным количеством припоя

Количество припоя должно соответствовать выполняемой операции. Избыток припоя не улучшает соединения, но может вызвать короткое замыкание. При появлении избытка припоя нагрейте соединение снова и удалите лишний припой куском материи.

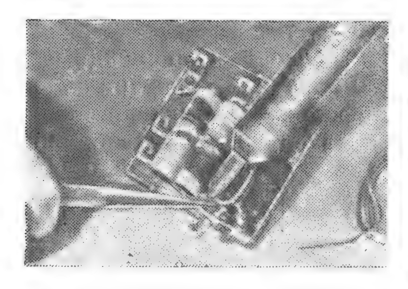


Рис. П.3. Для отвода тепла от транзистора его выводы при пайке следует зажать плоскогубцами.

Рис. П.4. Для пайки печатных схем удобно пользоваться небольшим наконечником пистолета для пайки.

Защищайте определенные детали от перегрева

Такие детали, как диоды и транзисторы, можно легко повредить в результате перегрева. Чтобы избежать повреждения их при пайке, выводы следует зажать плоскогубцами или пинцетом, как показано на рис. П. 3. Плоскогубцы отведут избыточное тепло от данной детали.

Для пайки миниатюрных деталей пользуйтесь миниатюрным жалом

В электронных схемах в очень небольшом объеме может размещаться большое число компонентов. Паяльник с большим жалом может легко повредить сами детали или другие соединения. В случае плотного монтажа целесообразно пользоваться паяльником с миниатюрным жалом, например, таким, какое используется на пистолетах для пайки (рис. П. 4).

ОПИСАНИЯ САМОДЕЛОК

ПРИБОР ДЛЯ ДЕМОНСТРАЦИИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ МАГНИТНОГО ПОЛЯ

Необходимые материалы

Луженая консервная банка	1
Патрон для осветительной лампы	1
Электрический провод	2 *м*
Деревянная палочка ∅ 6 *мм* длиной 30 *см*	1
Деревянная подставка	1
Деревянные стойки для крепления банки	2
Деревянные дощечки для получения распределения поля	2
Толстый лист картона	1
Штепсельная вилка	1
Кольцевая резиновая прокладка ∅ 9,5 *мм*	1

Из куска толстого картона и двух деревянных дощечек сделайте подставку высотой 75 *мм* для получения картины поля на ней и укрепите ее на деревянном основании. Для крепления вместо гвоздей или шурупов пользуйтесь клеем. Смонтируйте ламповый патрон на куске дерева и просверлите в этом куске дерева продольное отверстие диаметром 6,5 *мм* для деревянной оси. Просверлите два отверстия диаметром 6,5 *мм* в боковой поверхности банки, вблизи от дна, так чтобы через них и через отверстие в деревянном держателе лампового патрона можно было пропустить деревянную ось. Приклейте деревянную ось к деревянному держателю патрона и установите ламповый патрон на дне банки.

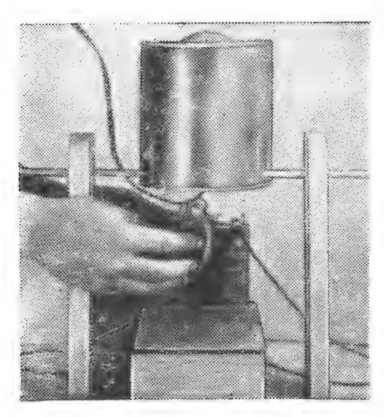


Рис. П.5. На вощеную бумагу в приборе для получения картины магнитного поля насыпаются металлические опилки.

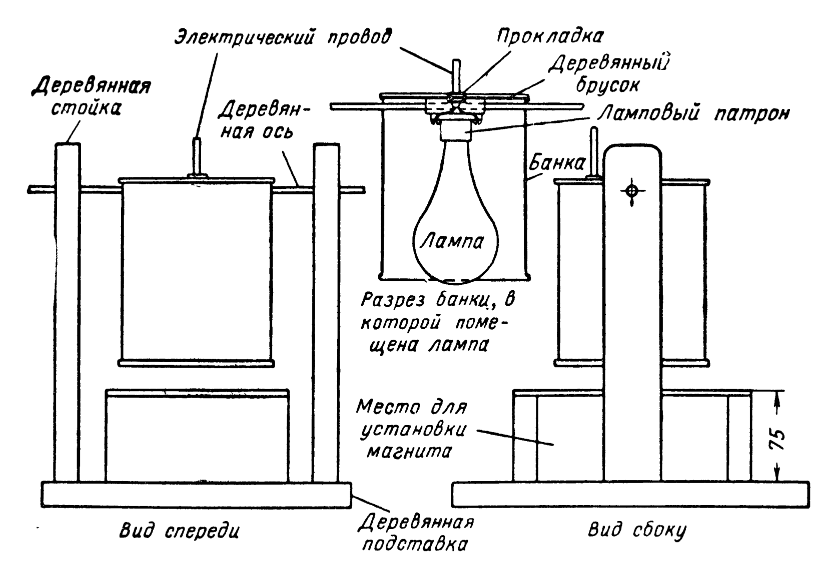


Рис. П.6. Прибор для получения картины распределения магнитного поля.

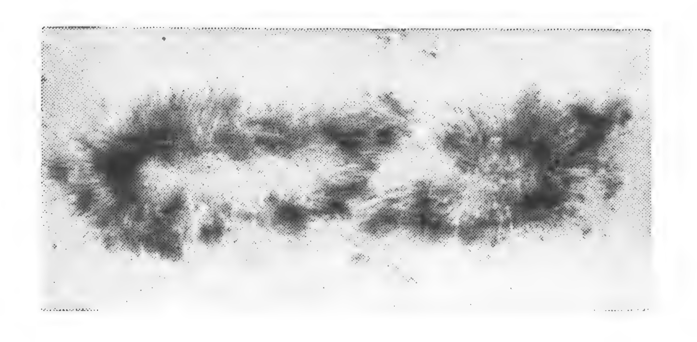


Рис. П.7. Картина магнитного поля, полученная на вощеной бумаге.

Просверлите отверстие диаметром 6,5 *мм* в каждой из деревянных стоек для крепления банки, так чтобы банка после ее установки на место при поворачивании относительно оси приближалась краем к подставке (для получения картины поля) на расстояние 6,5 *мм*. Просверлите отверстие для резиновой прокладки диаметром 9,5 *мм* в дне банки около патрона. Присоедините один конец электрического провода к ламповому патрону, пропустите провод через отверстие с прокладкой и наденьте на его второй конец вилку. Вверните лампу в патрон, и прибор готов к работе. Лампа может иметь мощность от 75 до 150 *вт* в зависимости от типа вощеной бумаги, используемой для получения картины распределения поля.

Чтобы получить картину распределения поля постоянного магнита, поместите постоянный или электромагнит непосредственно под лист картона. Положите на картон лист вощеной бумаги и насыпьте на бумагу мелких железных опилок. Тихонько постучите по листу картона до тех пор, пока на листе вощеной бумаги не образуется нужная картина распределения поля. Приблизьте затем банку с включенной лампой к картине поля. Через минуту тепло от лампы расплавит воск на бумаге и опилки погрузятся в него. После удаления лампы на вощеной бумаге останется картина распределения магнитного поля.

ПРИБОР ДЛЯ ПРОВЕРКИ ЦЕПИ НАКАЛА РАДИОЛАМП

Необходимые материалы:

Лист стали или алюминия толщиной 0,8 *мм* 140×140 *мм*	1
Резистор 100 *ком*	1
Неоновая лампа типа МН-3	1
Восьмиштырьковые панели	2
Миниатюрные семиштырьковые панели	2
Миниатюрная девятиштырьковая панель	1
Резиновая кольцевая прокладка ∅ 6,5 *мм*	1
Резиновая кольцевая прокладка ∅ 9,5 *мм*	1
Электрический провод	2 *м*
Штепсельная вилка	1

Одной из часто встречающихся причин выхода из строя ламп в радиоприемнике или телевизоре являет-

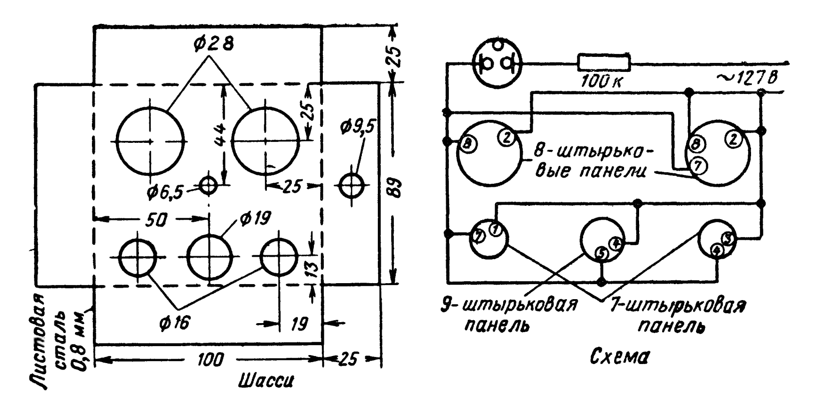


Рис. П.8. Схема и чертеж шасси прибора для проверки накала радиоламп.

ся перегорание цепи накала. При помощи описанного здесь прибора вы легко можете определить, в какой из ламп перегорела цепь накала. В лампах с восьми и семиштырьковыми цоколями цепи накала выводятся на различные штырьки. Поэтому в приборе используется по две панели для каждого из этих типов ламп. У девятиштырьковых пальчиковых ламп накал выводится также не на одни и те же штырьки, для проверки этих ламп здесь используется только одна панель, и, следовательно, некоторые лампы проверить на этом приборе не удастся.

Выполните разметку, просверлите отверстия и согните края шасси в соответствии с рис. П. 8. Пропаяйте углы шасси. Установите панели для ламп в предусмотренные отверстия. Вставьте резиновую прокладку в отверстие в верхней панели и поместите сюда неоновую лампу выводами внутрь шасси. Спаяйте схему прибора согласно рис. П.8 и присоедините шнур питания, предварительно пропустив его через отверстие с резиновой прокладкой в боковой стенке шасси. При проверке восьми- или семиштырьковых ламп ставьте лампу сначала в левую панель, а затем в правую. Если неоновая лампа горит, цепь накала лампы исправна. Если неоновая лампа не горит, накал поврежден. Для проверки девятиштырьковой пальчиковой лампы установите ее в панель и определите ее исправность по свечению неоновой лампы.

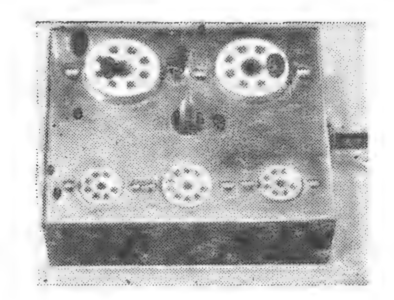


Рис. П.9. Тестер для проверки накала радиоламп.

ТРАНЗИСТОРНЫЙ УСИЛИТЕЛЬ

Необходимые материалы:

Деревянная дощечка 13×75×75 *мм*	1
Транзистор типа МП39	1
Конденсатор электролитический 10 *мкф*, 25 *в*	1
Резистор (см. текст) (R_1)	1
Резистор 220 *ком* (R_2)	1
Батарейки для карманного фонаря	2
Контактные зажимы	4

Данный транзисторный усилитель позволяет увеличить громкость звучания любого из детекторных или транзисторных приемников, описанных в этой книге. Смонтируйте детали так, как показано на рис. П. 10. Соберите схему согласно рис. П. 11. Два контактных зажима нужно пометить «вход», а два других — «выход». Для получения лучших результатов величину сопротивления резистора R_1 следует взять 470 *ом*, если усилитель используется с транзисторным приемником, и около 47 *ком*, когда усилитель используется с детекторным при-

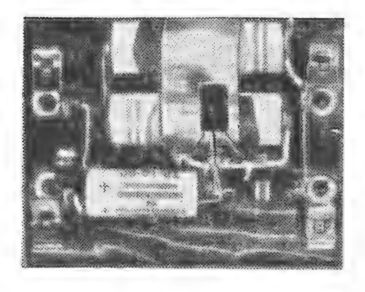


Рис. П.10. Транзисторный усилитель.

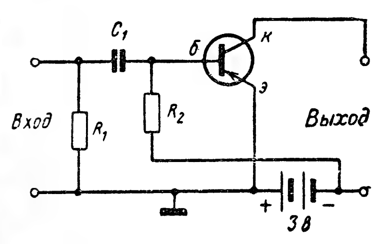


Рис. П.11. Схема транзисторного усилителя.

емником. Чтобы уменьшить расходование тока батареек, наушники или громкоговоритель нужно отключить после окончания работы с усилителем.

УСИЛИТЕЛЬ С ВЫСОКИМ КОЭФФИЦИЕНТОМ УСИЛЕНИЯ

Необходимые материалы:

Входной трансформатор ($Тр_1$)	1
Трансформатор согласующий ($Тр_2$)	1
Резистор 470 *ком* (R_1, R_4)	2
Резистор 100 *ом* (R_2)	1
Переменный резистор 10 *ком* (R_3)	1
Конденсаторы электролитические 10 *мкф*, 6 *в* (C_1, C_2)	2
Конденсатор керамический дисковый 0,01 *мкф*, 150 *в* (C_3)	1
Транзисторы типа МП39 (T_1, T_2)	2
Батарея 9 *в* (или 2 батарейки для карманного фонаря)	1
Тумблер однополюсный на одно положение	1
Микрофонное гнездо	1
Гнезда для наушников	2
Пластмассовый корпус с крышкой 25×75×115 *мм*	1
Контактные планки на 4 контакта	2

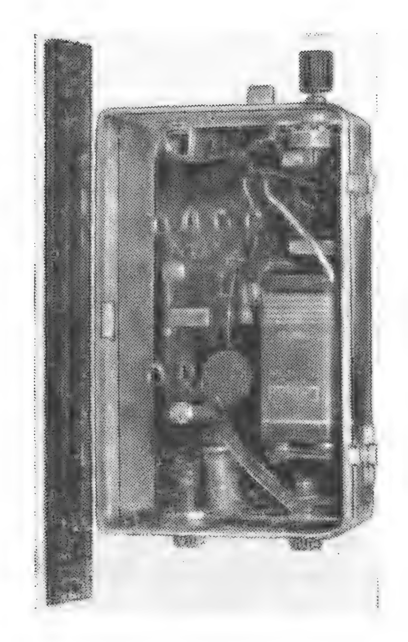


Рис. П.12. Усилитель слабых сигналов можно собрать в компактном корпусе.

Описываемый усилитель с большим коэффициентом усиления настолько мал, что его можно носить в кармане. Если подключить к усилителю чувствительный микрофон, обращенный к стене, то звуки, попадающие в помещение, становятся легко различимыми. Если микрофон установить перед отражателем, дальность действия может быть увеличена до сотни метров. Для изготовления усилителя приобретите сначала пластмассовый корпус, затем вырежьте кусок изоляционного материала, например текстолита или пластмассы, толщиной 1,5 *мм* для монтажа деталей.

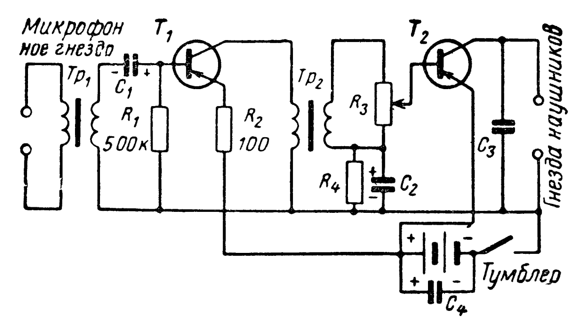


Рис. П.13. Схема усилителя с высоким коэффициентом усиления.

Расположите каждую деталь так, чтобы выводы имели минимальную длину. Подсоедините выводы транзистора к трем лепесткам на каждой контактной планке. Остальные лепестки используйте для других деталей. Укрепите гнездо для микрофона и переменный резистор с одной стороны пластмассового корпуса, а гнездо для наушников — с противоположной стороны. Хотя переменный резистор и тумблер указаны в списке как отдельные детали, они могут быть совмещены в одной детали. Высокий коэффициент усиления данной схемы объясняется, использованием трансформаторной связи. Резистивно-емкостная связь позволяет получить лучшее качество звучания, но коэффициент усиления при этом оказывается значительно меньшим, чем при трансформаторной связи. Полоса частот усилителя более чем достаточна для хорошего воспроизведения речи, что соответствует назначению усилителя. У усилителей с трансформаторной связью при близком расположении деталей друг к другу имеется тенденция к возникновению паразитной генерации на низкой частоте. Она появляется в виде резких щелчков в наушниках с частотой два или три раза в секунду. Чтобы исключить этото нежелательный эффект, параллельно батарее включают конденсатор C_4 (рис. П. 13).

Соедините детали по схеме, показанной на рис. П. 13, обращая особое внимание на соблюдение полярности конденсаторов. Подключите пьезоэлектрический или динамический микрофон к микрофонному гнезду и пару высокоомных наушников — к соответствующим гнездам. Включите тумблером батарею, отрегулируйте гром-



Рис. П.14. Если укрепить микрофон на некотором регулируемом расстоянии от центра рефлектора, усилитель будет усиливать звуки (например, голоса птиц) с расстояния в несколько сотен метров.

кость переменным резистором. На этом заканчивается подготовка усилителя к работе.

Дополнительные данные к схеме рис. П.13.

Сердечник трансформатора Tp_1 можно взять от любого типового согласующего трансформатора транзисторного приемника с сечением 0,2—0,3 *см*². Первичная обмотка содержит 200 витков провода ПЭВ 0,12; вторичная — 1000 витков провода ПЭВ 0,08; микрофоном служит капсюль типа ДЭМШ-1а.

В качестве трансформатора Tp_2 можно использовать согласующий трансформатор от транзисторного приемника, используя только одну половину вторичной обмотки.

Трансформаторы можно взять от приемников «Киев-7», «Планета», «Ласточка», «Сатурн», «Нева», «Сокол», «Алмаз», «Мир» и др.

В качестве трансформатора Tp_1 можно также использовать выходной трансформатор от этих приемников. При этом его вторичная обмотка становится первичной, а первичная — вторичной. Средний отвод не используется. Конденсатором C_4 может служить любой электролитический конденсатор емкостью от 10 *мкф* (на рабочее напряжение не ниже 10 *в*) и выше. Резисторы R_1 и R_4 желательно подобрать для конкретных экземпляров используемых транзисторов.— *Прим. редактора.*

МИНИАТЮРНЫЙ ПРИЕМНИК НА ТРЕХ ТРАНЗИСТОРАХ[1]

Необходимые транзисторы и диоды

Транзистор T_1 — типа ГТ309Д. Транзисторы T_2 и T_3 — типа ГТ109А. Диоды $Д_1$ и $Д_2$ — типа Д2 или Д9. Данные остальных деталей приведены на схеме рис. П.15.

[1] Ниже приводятся описания самоделок, опубликованные в зарубежных технических журналах и перепечатанные в сокращенном виде с соответствующими пояснениями в журнале «Радио».

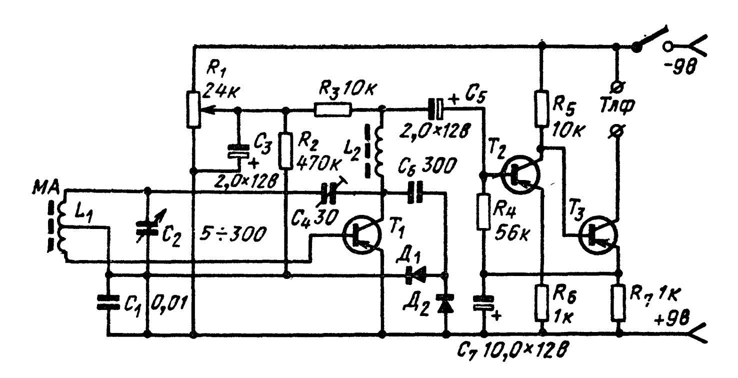


Рис. П.15. Схема миниатюрного радиоприемника.

Приемник собран по схеме, приведенной на рисунке. Для приемной антенны использован ферритовый стержень длиной 45 *мм*. Катушка L_1 состоит из 52+12 витков провода ПЭЛШО 0,1—0,15.

Транзистор T_1 работает в каскаде усиления ВЧ сигнала и предварительного усиления НЧ. Сопротивление резистора R_1 выбирают так, чтобы получить наибольшее усиление. Положительная обратная связь устанавливается выбором емкости конденсатора C_4. Нагрузка по высокой частоте для этого каскада — дроссель L_2 (100—200 витков провода ПЭЛШО-0,1, намотанных на ферритовом кольце диаметром 10 *мм*). Продетектированный сигнал с детектора на диодах $Д_1$ и $Д_2$ снова подается на базу транзистора T_1 и усиливается им. Нагрузка по низкой частоте этого каскада — резистор R_2 (поскольку дроссель L_2 представляет ничтожно малое сопротивление для тока низкой частоты). НЧ сигнал усиливается затем двухкаскадным усилителем на транзисторах T_2, T_3.

«Practical Wireless», 1968, № 12.

См. журнал «Радио», № 11, 1969.

БЕСПРОВОДНЫЙ ЗВУКОСНИМАТЕЛЬ

Данные транзисторов

Транзистор T_1 может быть типа П403 или П423, либо ГТ313А. Данные остальных деталей показаны на схеме.

На рис. П.16 приведена схема включения звукоснимателя *Зв* в УКВ автогенератор малой мощности, в котором осуществляется частотная модуляция колебаний электрическими сигналами, поступающими со звукоснимателя при проигрывании граммофонных пластинок. Частота генератора выбрана таким образом, что излучаемые им УКВ ЧМ сигналы могут быть приняты на внутреннюю антенну радиовещательным приемником, имеющим диапазон УКВ ЧМ и расположенным вблизи проигрывателя.

Транзистор генератора T_1, резонансный контур L_1 C_2 и другие детали генератора, кроме батареи питания на 9 *в* и выключателя $Вк_1$, могут быть размещены непосредственно в тонарме звукоснимателя. В качестве источника питания применяется батарея «Крона». Катушка L_1 — бескаркасная. Она содержит 6 витков медного посеребренного провода диаметром 0,9 *мм*. Диаметр намотки 8 *мм*, длина намотки — 12 *мм*. Частота генерации регулируется главным образом подстроечным конденсатором C_3, а устойчивость генерации устанавливается конденсатором C_4.

«Радио телевизия електроника», 1971, № 1.

См. «Радио» № 11, 1971 г.

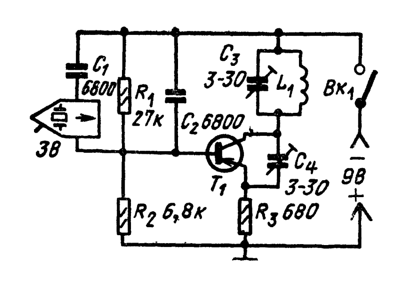


Рис. П.16. Схема беспроводного звукоснимателя.

МЕТАЛЛОИСКАТЕЛЬ

Данные деталей

При изготовлении прибора можно использовать ферритовый стержень марки 400НН диаметром 8 *мм* и длиной 30—40 *мм*, транзисторы — типа П422 (T_1, T_2), а также МП39—МП42 с любыми буквенными индексами (T_3—T_6). Трансформаторы $Тр_1$ и $Тр_2$ могут быть от карманных приемников «Селга», «Сокол» или из набора деталей для изготовления детского приемника. Громкоговоритель $Гр_1$ может быть типа 0,1ГД-6 или 0,1ГД-8, 0,2ГД-1 и т. п. Питать устройство можно от батареи «Крона». Остальные данные приведены на рис. П.17.

Этот прибор может стать незаменимым спутником юных следопытов. Металлоискатель способен обнаруживать металлические предметы, находящиеся в земле, на глубине 80—100 *см*. В металлоискателе использован принцип биений колебаний двух генераторов высокой частоты, катушка контура одного из которых размещена в основном приборе, а другого — выполнена в виде выносной рамочной антенны, размещаемой в непосредственной близости от поверхности земли. Частота основного генератора, собранного на транзисторе T_1, определяется параметрами контура $L_1 C_2$, а частота измерительного генератора — индуктивностью рамочной антенны L_2 и емкостью подстроечного конденсатора C_9. Сигнал разностной частоты генераторов (частоты биений) выделяется с помощью диода $Д_1$, на который подаются напряжения с эмиттеров транзисторов T_1 и T_2 через развязывающие цепочки C_4R_4 и C_5R_5 соответственно.

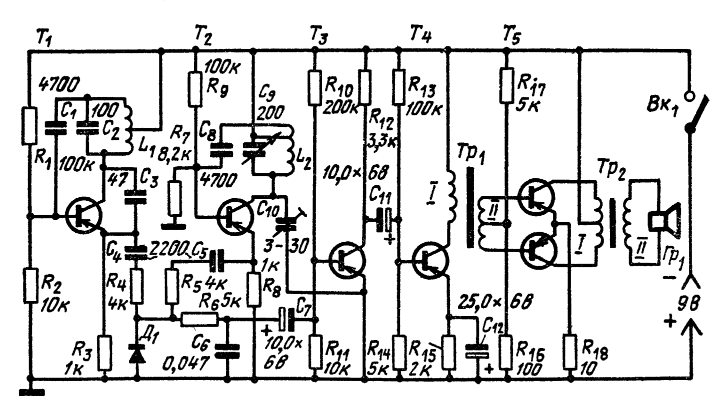


Рис. П.17. Схема металлоискателя.

Выделенный таким образом сигнал через фильтрующую цепь R_6C_6 и переходной конденсатор C_7 поступает на базу первого каскада обычного трехкаскадного усилителя НЧ. С помощью громкоговорителя $Гр_1$ усиленные колебания биений воспроизводятся в виде звука определенного тона, зависящего от первоначальной разности частот настройки генераторов и близости металлического предмета. Рекомендуется устанавливать небольшую расстройку частот генераторов, так чтобы при приближении рамки к металлическому предмету тон частоты биений повышался.

Катушку L_1 наматывают поверх ферритового стержня диаметром 8 *мм*; она содержит 110 витков провода ПЭЛ 0,25 с отводом от 16-го витка, считая от коллектора транзистора T_1. Катушка рамки L_2 намотана по контуру каркаса с размерами 120×220 *мм* и содержит 45 витков провода ПЭЛ 0,6 с отводом от 10-го витка, считая от вывода, соединенного с конденсатором C_8. Катушку L_2 соединяют с основным устройством трехжильным экранированным проводом длиной 1,5 *м*. Предварительную настройку частот генераторов при налаживании прибора осуществляют подбором емкостей конденсаторов C_9 и C_{10}, а в процессе эксплуатации — C_9.

Работа с металлоискателем требует определенного опыта и навыка.

«Радио телевизия електроника», 1971, № 1.

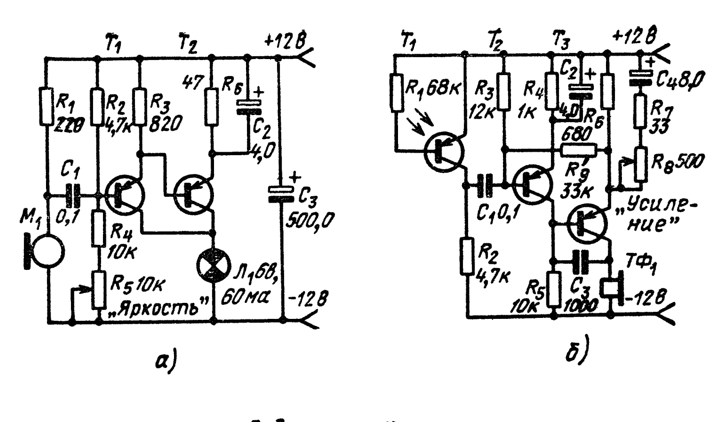
См. журнал «Радио» № 10, 1971.

СВЕТОТЕЛЕФОН

Данные деталей

В светотелефоне могут быть использованы следующие элементы: транзисторы типов МП39—МП42 с возможно большим В, фототранзисторы типа ФТ-1, головные телефоны ТОН-2, лампочки накаливания 6 *в*, 0,6 *вт*. Остальные данные см. на рис. П.18, *а, б, в*.

Принцип действия канала связи, основанный на модуляции яркости светового луча напряжением звуковой частоты на передающем конце с последующей демодуляцией на приемном конце, общеизвестен. Ниже приводится краткое описание еще одного простого светотелефона, изготовление и наладка которого не представляет особых трудностей для радиолюбителя средней квалификации. Достаточно иметь два фототранзистора, несколько рези-



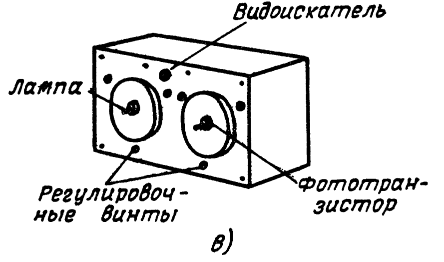


Рис. П.18. Схема светотелефона:
а — передатчик, *б* — приемник, *в* — внешний вид аппарата.

сторов, конденсаторов и низкочастотных транзисторов и четыре оптических блока, изготовленных на основе параболических рефлекторов автомобильных фар.

На каждом конце канала связи необходимо иметь «передатчик» и «приемник». Первый состоит из микрофонного усилителя и лампочки накаливания, помещенной в фокусе рефлектора. Второй — из детектора (фототранзистора, помещенного в фокусе другого рефлектора) и усилителя НЧ с нагрузкой — головными телефонами.

«Передатчик» (рис. *а*) собран на двух транзисторах по схеме составного транзистора. Его задача усилить напряжение звуковой частоты, развиваемое в угольном микрофоне M_1. Переменным резистором R_5 устанавливают рабочую точку, общую для обоих транзисторов, так, чтобы получить наибольшее изменение яркости свечения нити накала лампочки $Л_1$.

«Приемник» несложен. На его входе помещен фототранзистор T_1 (рис. *б*), нагрузкой которого является резистор R_2. На зажимах последнего выделяется напряжение, полученное в результате воздействия модулирован-

ного светового потока на фототранзистор. Переменное напряжение звуковой частоты, содержащее информацию, поступает на базу транзистора T_3 и управляет его коллекторным током.

Нагрузкой коллекторной цепи служат обмотки катушек головного телефона. Звено отрицательной обратной связи (R_3, R_9) стабилизирует работу устройства по постоянному току. Подъем усиления на частотах до 5 *кгц* достигается с помощью конденсатора C_2, выше 5 *кгц* усиление падает за счет возрастания отрицательной обратной связи через конденсатор C_3.

Конструктивное исполнение светотелефона показано на рис. *в*. В конструкции следует предусмотреть возможность регулировки и совмещения оптических осей отражателей, что достигается здесь с помощью винтов, снабженных цилиндрическими пружинами. Каждый пост светотелефона должен иметь видоискатель.

Дальность действия такого устройства днем 50—100 *м*, ночью это расстояние увеличивается до нескольких сотен метров.

«Practical Wireless», 1970, № 6.

См. журнал «Радио» № 1, 1972.

ПОЛЕВОЙ ТЕЛЕФОН ИЛИ ПЕРЕГОВОРНОЕ УСТРОЙСТВО

Данные транзисторов

Можно использовать транзисторы типов МП37 или МП38. Остальные данные см. на рис. П.19.

Радиотелефонную связь в полевых условиях можно осуществить с помощью устройства, схема которого показана на рисунке. Это простой усилитель на трех тран-

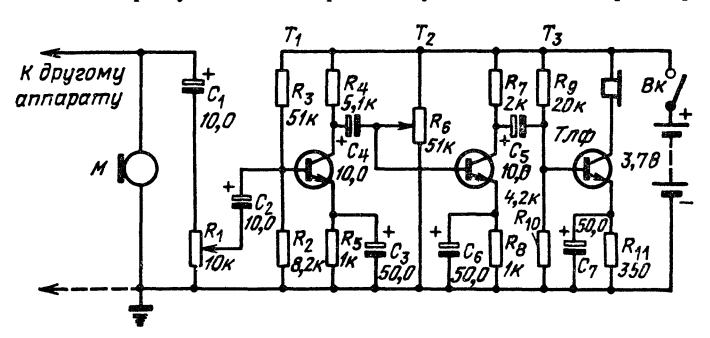


Рис П.19. Схема аппарата для телефонной связи.

зисторах, предназначенный для работы от пьезокристаллического микрофона. Нагрузкой выходного каскада является телефонный капсюль сопротивлением 180 *ом*. Питание — от батареи карманного фонаря. Два таких устройства соединяются только одним проводом, другим проводником является земля. Для этого каждый переговорный пункт снабжается металлическим штырем, втыкаемым в землю.

Если говорить перед микрофоном, то свой же голос слышится в телефоне, но эту же речь слышит абонент на другом конце провода связи, в телефоне своего усилителя, и наоборот. Усилители могут быть соединены и двумя проводами, тогда их можно использовать как домашнее переговорное устройство.

«Amatérské radio», 1968, № 5.

См. журнал «Радио», № 6, 1969.

ЗВУКОВАЯ ПРИМАНКА ДЛЯ РЫБ

Данные деталей

В этом устройстве могут быть применены низкочастотные маломощные *n-p-n* транзисторы МП111—МП113 или высокочастотные КТ315 с любым буквенным индексом. В качестве громкоговорителя можно применить любой телефонный капсюль с сопротивлением обмотки около 75 *ом*, например, ДЭМ-4М после небольшой переделки, связанной с тем, что звукопередача от мембраны должна осуществляться непосредственно в воду. Остальные данные приведены на схеме рис. П.20.

Некоторые породы рыб часто проявляют интерес к различным звукам под водой. Одна из американских фирм выпускает для любителей-рыболовов специальный прибор с небольшим громкоговорителем. Все устройство, представляющее собой звуковой генератор, размещено

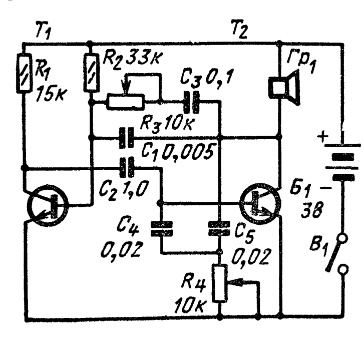


Рис. П.20. Схема устройства звуковой приманки для рыб.

в водонепроницаемой коробке, которую опускают под воду.

Генератор собран на двух транзисторах, нагрузкой его служит динамический громкоговоритель с сопротивлением звуковой катушки 75 *ом*. С помощью двух переменных резисторов R_3 и R_4 изменяют частоту звуковых колебаний, и таким образом выбирают звук, наиболее привлекательный для рыб.

«Popular Electronics», 1971, т. 34, № 3.

См. журнал «Радио», № 3, 1972.

ЭЛЕКТРОННАЯ «КУКУШКА»

Данные деталей

Транзисторы T_1 и T_2 могут быть типа МП38А, транзисторы T_3 и T_4 — типа МП38 или МП38А. Все полупроводниковые диоды — типа Д7А. В качестве автотрансформатора Tp_1 можно использовать выходной трансформатор от транзисторных радиоприемников «Минск», «Нарочь», «Спорт-2», или «Сокол-4». Данные остальных деталей см. на схеме рис. П.21.

Электронный генератор — «кукушка» — может найти разнообразное применение. Например, в комплекте с усилителем НЧ и громкоговорителем эффективно применение «кукушки» в виде приставки к настенным часам или будильнику. Электронной «кукушкой» можно заменить обычный электрический звонок. Наконец, подключенная к домашней стиральной машине, она может сигнализировать об окончании рабочего цикла.

«Funkschau», 1971, № 12.

См. журнал «Радио», № 3, 1972.

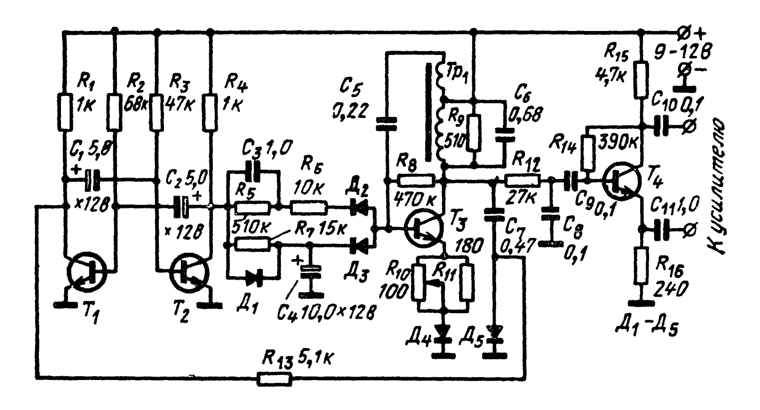


Рис. П.21. Схема генератора электронной «кукушки».

ПАМЯТКА

ПО ТЕХНИКЕ БЕЗОПАСНОСТИ

Помни!

— Действие тока на человека тем опаснее, чем больше величина тока, проходящего через человека.

— Поражение током будет сильнее, если к электрическому проводу прикоснуться не кончиком пальца, а всей рукой. Особенно опасно прикасаться к проводам влажными руками. Поэтому нельзя проверять наличие напряжения пальцами и руками.

— Человека утомленного ток поражает сильнее.

1. Ни в коем случае не следует работать с электрической проводкой при включенном напряжении сети.

2. Нельзя прикасаться к временным проводкам.

3. Необходимо следить за тем, чтобы провода не имели оголенных жил.

4. При работе в сырых помещениях надо пользоваться переносными лампами напряжением не выше 12—36 вольт.

5. При замене электрической лампочки нельзя прикасаться руками к цоколю лампы. Стоять нужно на сухом полу, табуретке. Ни в коем случае нельзя вставать на приборы отопительной системы или прикасаться к ним.

6. Перед пользованием переносной или контрольной лампой нужно тщательно проверить состояние изоляции ее проводов, особенно тех, которыми прибор присоединяется к сети.

7. Нельзя очищать от пыли и грязи приборы, включенные в сеть, мокрой тряпкой или водой. Это опасно.

8. При поливке улиц и садов нельзя направлять струю на провода: пройдя через воду, ток ударит человека.

9. Открывая заднюю крышку какого-либо прибора, приемника или телевизора, необходимо соблюдать осторожность.

10. Перед прикосновением к деталям монтажа прибора, приемника или телевизора необходимо отключить напряжение сети и разрядить цепи высокого напряжения, для чего следует замкнуть на корпус изолированным коротким проводником все точки схемы с высоким напряжением (конденсаторы фильтров питания, анод кинескопа и т. п.).

11. При смене предохранителей необходимо отключать напряжение сети.

12. Следует остерегаться ожогов от горячих ламп, паяльника, расплавленного олова или канифоли. Особую осторожность необходимо соблюдать при обращении с кинескопом: недопустимы даже легкие удары или царапины по нему твердыми предметами, так как кинескоп может взорваться. Вынутый из телевизора кинескоп следует хранить в картонной упаковке или обернуть его плотной тканью.

13. Детям (без взрослых) не рекомендуется ремонтировать и собирать схемы с источниками высокого напряжения.

14. При обнаружении неисправности в приборе немедленно отключите его от сети,

ОГЛАВЛЕНИЕ

1 р. 21 коп.

